

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

Zefektivnění procesu výroby otočných čepů

Streamline of the Production Process of Pivots

Student:

Bc. Tomáš Kubalec

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Markéta Gregušová, Ph.D.

Ostrava 2014

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Tomáš Kubalec**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Specializace: 10 Technologický management
Téma: Zefektivnění procesu výroby otočných čepů
Streamline of the Production Process of Pivots

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika řešené problematiky.
2. Analýza současného systému výroby otočných čepů.
3. Posouzení situace a specifikace problémů ve stanovených oblastech.
4. Návrh řešení odhalených problémů.
5. Zhodnocení navrženého řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

KEŘKOVSKÝ, M. *Moderní přístupy k řízení výroby* 2. vydání. Praha: Nakladatelství C. H. Beck, s. r. o., 2009. 137 s. ISBN 978-80-740-0119-2.
GEORGE, M.L.; ROWLAND, D.; PRICE, M.; MAXEY, J. *Kapesní příručka Lean Six Sigma* New York: McGraw-Hill, 2009. 280 s. ISBN 978-80-904099-2-7.
KOŠTURIÁK, J.; FROLÍK, Z. *Štíhlý a inovativní podnik* 1. vydání. Praha: Alfa Publishing, 2006. 237 s. ISBN 80-86851-38-9.
ROTHER, M.; SHOOK, J. *Learning to see* Version 1.2. Brookline: The Learn Enterprise Institute, 1999. 143 s. ISBN-13 978-0966784305.

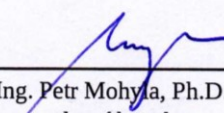
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Markéta Gregušová, Ph.D.**


Konzultant diplomové práce: Richard Dobiáš

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014


Ing. Petr Mohyla, Ph.D.
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 12.5.2014




podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucí diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 12.5.2014


.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Tomáš Kubalec

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Tyršova 481, Kopřivnice, 74221

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucí své diplomové práce Ing. Markétě Gregušové, Ph.D za její odborné vedení a cenné připomínky při zpracovávání této práce.

Také bych rád poděkoval svému konzultantovi panu Richardu Dobiášovi a dalším zaměstnancům podniku TATRA TRUCKS a.s. za všechny poskytnuté rady a informace, které mně pomohly při vypracování mé diplomové práce.

Tato práce byla řešena v rámci projektu ESF OPVK „Vytváření nových sítí a posílení vzájemné spolupráce v oblasti inovativního strojírenství“, reg. č. CZ.1.07/2.4.00/31.0170.

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

KUBALEC, T. *Zefektivnění procesu výroby otočných čepů: diplomová práce*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2014, 90 s. Vedoucí práce: Gregušová, M.

V diplomové práci jsou navržena opatření pro zefektivnění výroby otočných čepů, což jsou součásti, které se nacházejí na předních nápravách nákladních automobilů TATRA. Otočné čepy se vyrábějí v několika technologicky podobných provedeních, a proto je možné pomocí zvoleného představitele zobrazit a racionalizovat celý průtok výrobním procesem. Diplomová práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části jsou podrobně popsány metody, pomocí nichž lze zefektivnit výrobní proces. Praktická část se zabývá aplikací jednotlivých metod do výrobního procesu. Provedená opatření jsou pak přehledně sepsána a vyhodnocena po finanční stránce v poslední kapitole. Závěr obsahuje celkové zhodnocení provedených investic a vyhodnocení z hlediska reálného přínosu navržených opatření pro podnik TATRA TRUCKS a.s.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

KUBALEC, T. *Streamline of the Production Process of Pivots: Master Thesis*. Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2014, 90 p. Thesis head: Gregušová, M.

Master thesis describes steps that lead to streamline production process of pivots which are components that are located on the front axles of TATRA trucks. They are produced in several technologically similar types and it is therefore possible to use selected sample to display and rationalize the entire flow through the production process. The thesis is divided into theoretical and practical part. Theoretical part describes all the methods, by which can increase efficiency of production process. Practical part deals with the application of each method to said production process. All the changes that were made are then written down and financially evaluated in the last chapter. The conclusion contains an overall calculation of the investments and assessment of the realistic benefits of the proposed steps to the TATRA TRUCKS a.s. company.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů.....	9
Úvod.....	12
TEORETICKÁ ČÁST	14
1 Štíhlá výroba	14
2 Metody štíhlé výroby určené k mapování současného stavu	15
2.1 VSM – Value Stream Mapping.....	15
2.2 Spaghetti diagram	17
2.3 Multi-momentová studie	18
2.4 Bar Chart.....	19
2.5 OEE – Celková efektivita zařízení.....	20
3 Metody štíhlé výroby určené k navržení budoucího stavu	22
3.1 Re-Layout pracoviště	22
3.1 Spaghetti diagram	23
3.2 VSD – Value Stream Design	24
4 Metody štíhlé výroby pro komplexní zefektivnění výroby	26
4.1 Metoda 5S	26
4.2 TPM – Total Productive Maintenance.....	28
4.3 Metoda FIFO	29
4.4 One Piece Flow	30
4.5 DNC Network – Distribuovaná číslicově řízená síť	32
4.6 PDCA cyklus	34
5 Projektový list.....	36
PRAKTICKÁ ČÁST	37
6 Charakteristika firmy TATRA TRUCKS a.s.....	37
7 Analýza současného stavu.....	40
7.1 Popis výrobního procesu otočného čepu	40
7.2 Diagram VSM.....	46
7.3 Spaghetti diagram	50
7.4 Multi-momentová studie	52
7.5 Metoda Bar Chart.....	54
7.6 Metoda OEE.....	56
8 Návrh racionalizačních opatření	63
8.1 Re-layout dílny.....	63

8.2	Spaghetti diagram	65
8.3	Diagram VSD.....	67
8.4	Specifikace konkrétních návrhů na zefektivnění výroby	69
8.4.1	Zavedení TPM na stroj MCFV 1260.....	69
8.4.2	Zavedení DNC sítě do obrobny dílů podvozků a náprav	73
8.4.3	Stanovení cyklu PDCA pro zjištěný problém	75
9	Vyhodnocení provedených opatření	79
	Závěr	84
	Seznam použité literatury.....	85
	Seznam obrázků a tabulek.....	88
	Seznam příloh	90

Seznam použitých značek a symbolů

A G	Akciová společnost (Aktiengesellschaft)
C	Náklady (Costs)
C/O	Seřizovací čas (Changeover Time)
C/T	Cyklový čas (Cycle Time)
D	Dodávky (Deliveries)
CEZ/OEE	Celková efektivita zařízení (Overall Equipment Effectiveness)
CNC	Počítačové číslicové řízení (Computer Numeric Control)
CD-ROM	Kompaktní disk-paměť pouze pro čtení (Compact Disc-Read Only Memory)
ČR	Česká republika
DNC	Distribuované číslicové řízení (Distributed Numerical Control)
E	Životní prostředí (Environment)
FIFO	První dovnitř, první ven (First In First Out)
KPI	Klíčové ukazatele výkonnosti (Key Performance Indicators)
LAN	Místní síť (Local Area Network)
LCD	Displej z tekutých krystalů (Liquid Crystal Display)
LIFO	Poslední dovnitř, první ven (Last In First Out)
MDC	Sběr dat z výroby (Manufacturing Data Collection)
MRP	Plánování materiálových požadavků (Material Requirements Planning)
NC	Číslicové řízení (Numeric Control)
Op	Operace
OPF	Jednokusový tok (One Piece Flow)
P	Produktivita (Productivity)
S	Bezpečnost (Safety)
Q	Kvalita (Quality)
PC	Osobní počítač (Personal Computer)
PDCA	Plánuj-Dělej-Kontroluj-Jednej (Plan-Do-Check-Act)
PDV	Průběžná doba výroby
SMED	Seřízení během minuty (Single Minute Exchange of Die)
TPM	Totálně produktivní údržba (Total Productive Maintenance)
TPV	Technická příprava výroby
TT	Čas taktu (Takt Time)
VA	Přidaná hodnota (Value Added)
VSD	Návrh toku hodnot (Value Stream Design)
VSM	Mapování hodnotového toku (Value Stream Mapping)

A	Plánovaný čas pro výrobu	[min]
B	Skutečný čas chodu stroje	[min]
C _P	Očekávaný výkon	[ks]
C _N	Průměrná cena nafty pro první čtvrtletí roku 2014	[Kč/l]
CT _{PP}	Cyklový čas prvního ze dvou pracovišť	[min]
D _P	Skutečný výkon	[ks]
D _U	Délka časového úseku pravidelného převozu obrobků mezi dvěma pracovišti	[min]
DC _R	Dostupný čas k výrobě na rok 2014	[min]
E _Q	Očekávaná kvalita	[ks]
F _Q	Skutečná kvalita	[ks]
FZ	Spočítaná fyzická zásoba před pracovištěm	[ks]
K _{KVAL}	Koeficient kvality stroje	[-]
K _{MJ}	Počet kusů otočného čepu v jedné manipulační jednotce	[ks]
K _{VYK}	Výkonový koeficient stroje	[-]
K _{VYU}	Koeficient využití stroje	[-]
MP _R	Množstevní plán výroby otočných čepů na rok 2014	[ks]
N _{CE}	Celkové vynaložené náklady na racionalizační opatření	[Kč]
N _{DNC}	Náklady na implementaci vybrané DNC sítě	[Kč]
N _{RE}	Náklady na re-layout obrobny dílů podvozků a náprav	[Kč]
NI _{MAX}	Nejpozději možná návratnost investice	[roky]
OEE	Celková efektivita zařízení	[%]
P _{CM}	Počet celkových uspořené metrů za rok pro jeden typ součásti	[m]
P _C	Celkový počet červených polí	[-]
P _H	Počet hodin potřebných k ujetí uspořené vzdálenosti	[km]
P _{KS}	Počet kusů daného typu otočného čepu, které se mají vyrobit v roce 2014	[ks]
P _L	Počet litrů nafty potřebných k ujetí vypočítané vzdálenosti	[l]
P _{OC}	Očekávaný výkon stroje za sledované období	[ks]
P _P	Celkový počet všech polí	[-]
P _{PR}	Počet pracovníků obrábějících otočné čepy	[-]
P _R	Poptávka na otočné čepy pro rok 2014	[ks]
P _{UM}	Počet uspořené metrů za jeden okruh vysokozdvížného vozíku	[m]
P _Z	Celkový počet zelených polí	[-]
P _{ZL}	Celkový počet žlutých polí	[-]
PD _R	Počet pracovních dnů v roce	[dny]

PDV_{VSD}	Průběžná doba výroba vypočítaná z VSD	[dny]
PDV_{VSM}	Průběžná doba výroba vypočítaná z VSM	[dny]
PH_R	Počet uspořenéých hodin na výrobu daného typu otočného čepu za rok 2014	[hod]
PH_{VSD}	Index přidané hodnoty vypočítaný z VSD	[%]
PH_{VSM}	Index přidané hodnoty vypočítaný z VSM	[%]
PK_D	Počet kusů v přepravní jednotce	[ks]
PL_P	Průměrný plat pracovníka na dílně	[Kč/hod]
PL_V	Průměrný plat řidiče vysokozdvížného vozíku	[Kč/hod]
PM_S	Počet minut, které má pracovník za směnu k dispozici	[min]
PM_U	Počet uspořenéých minut na jeden otočný čep	[min]
PO	Počet okruhů pro daný otočný čep během roku 2014	[-]
PS_D	Počet součástí vyrobených za jeden pracovní den	[ks/den]
R_{PR}	Průměrná rychlost vysokozdvížného vozíku	[km/h]
S_P	Průměrná spotřeba nafty vysokozdvížného vozíku	[l/h]
SP_M	Součet všech procesních časů	[min]
SZ_D	Součet všech zásob mezi jednotlivými stroji	[dny]
T_{CH}	Poměrný čas směny, kdy jsou stroje v chodu	[%]
T_N	Poměrný čas směny, kdy jsou stroje v nečinnosti	[%]
T_{OPT}	Optimální čas pro výrobu jednoho kusu	[min]
T_p	Plánovaný čas na výrobu	[min]
T_S	Poměrný čas směny, kdy jsou stroje ve fázi seřizování	[%]
TT_{1S}	Čas taktu pro výrobu v 1 směně	[min]
TT_{2S}	Čas taktu pro výrobu ve 2 směnách	[min]
TT_{3S}	Čas taktu pro výrobu ve 3 směnách	[min]
$Ú_{CE}$	Úspora zkrácením trasy obrobku pro daný typ otočného čepu	[Kč]
$Ú_F$	Úspora paliva pro jeden typ otočného čepu	[Kč]
$Ú_M$	Úspora na mzdě pro řidiče vysokozdvížného vozíku	[Kč]
$Ú_{MP}$	Úspora na mzdách za rok 2014 díky zkrácení cyklového času pro daný typ otočného čepu	[Kč]
$Ú_{PO}$	Úspora za snížení počtu operátorů	[Kč]
$Ú_{VS}$	Minimální úspory přepočtené na jeden rok	[Kč]
Z_D	Zásoba mezi jednotlivými pracovišti vyjádřená ve dnech	[dny]
ZO	Zásoba určená dle provedených opatření	[ks]

Úvod

V dnešní době je situace na globálním trhu taková, že zákazníci neustále zvyšují tlak na výrobní podniky, protože požadují zkrácení výrobních a dodacích lhůt, větší kvalitu a spolehlivost produktů a v neposlední řadě také chtějí, aby podniky vyráběly s co nejnižšími náklady. Sami pak chtějí vybrané produkty zakoupit za co nejnižší cenu. Zákazníci také požadují vysokou variabilitu a flexibilitu výrobních podniků, k čemuž je nutí svými neustále se měnícími požadavky na určité výrobky. Změny mohou být sice minimální, ale i přesto musí být flexibilita podniků velká, když se vezme v potaz, kolik různých zákazníků, především strojírenské výrobní podniky, mají. Důraz je kladen především na kvalitu a spolehlivost produktů, ale důležitými faktory jsou také přidaná hodnota, kterou je zákazník ochoten zaplatit a individualita jednotlivých produktů, která v očích zákazníka nezná hranic. Proto je důležité v podniku vybalancovat všechny procesy tak, aby nedocházelo ke ztrátám (výkonovým i finančním) a aby ve finále byly spokojeny strany jak nakupujícího, tak prodávajícího.

Všechny tyto okolnosti vedou výrobní podniky k zavedení určitých opatření, aby vyhověly všem zákazníkům a navíc byly lepší než konkurence. Proto podniky na celém světě začaly zeštíhlovat svou výrobu a nejen výrobu, ale celý vnitropodnikový systém. Vzorem pro většinu společností, které se snaží zavádět štíhlou výrobu, je japonská firma Toyota, která se pokládá za první štíhlý podnik a má celý svůj výrobní systém na velmi vyspělé úrovni. V současné době ale již téměř všechny podniky našly cestu k zeštíhlování svých procesů a snaží se bojovat o své místo na výsluní a pokud v nekonečném boji porazí svou konkurenci, tak je čeká příliv nových zákazníků a s nimi příliv dalších financí, možnost rozšíření podniku a další příjemné aktivity spojené s vyššími zisky.

Ne vždy je ovšem cesta zeštíhlování tak jednoduchá a úspěšná. Pokud podniky dokonale neznají filozofii jednotlivých metod štíhlé výroby nebo aplikují tyto metody do nevhodného prostředí, může se zcela lehce stát to, že v podniku zkolabují klíčové procesy, což povede k nedůvěře v použité metody a to může mít za následek zhoršení výsledků podniku po všech stránkách. Proto je vždy třeba, aby podniky aplikující metody štíhlé výroby vždy přesně analyzovaly současný stav, správně jej diagnostikovaly a navrhly nové cíle a termíny jejich plnění. Poté by mělo následovat určení metod, jimiž chtějí daných cílů dosáhnout a v neposlední řadě, a to je to nejdůležitější, by se mělo změnit myšlení a chování všech pracovníků v podniku tím směrem, aby byli iniciativní, kreativní, inovativní a sami přicházeli s nejrůznějšími nápady na zefektivnění kteréhokoliv z procesů fungujících v podniku.

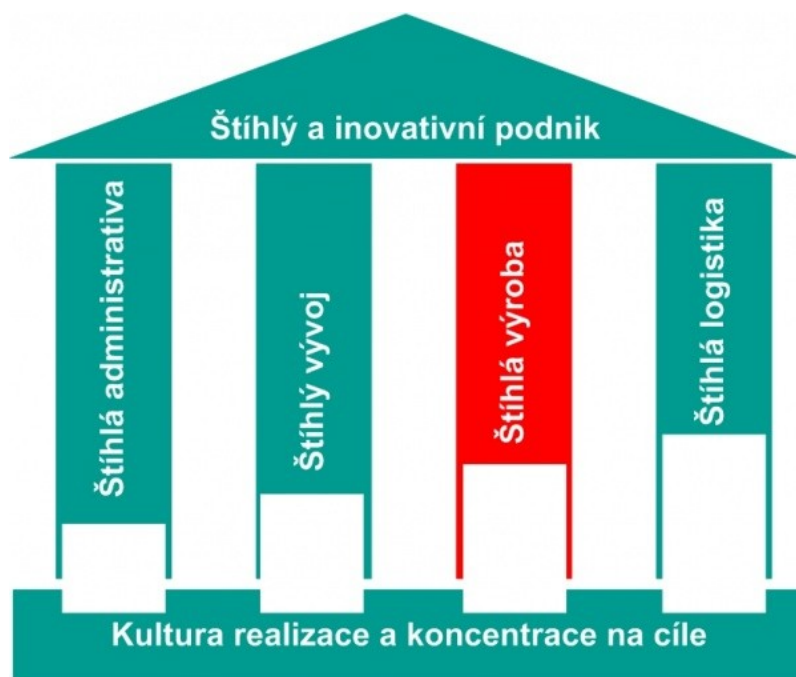
Cílem této diplomové práce je zefektivnění výroby otočných čepů pomocí vybraných metod štíhlé výroby. Tyto metody jsou uplatněny v podniku TATRA TRUCKS a.s. a to v obrobě dílů podvozků a náprav, protože zadaná součást nachází své uplatnění právě na nápravách nákladních automobilů TATRA. Na vybraném výrobním představiteli ze skupiny technologicky podobných součástí byly nejprve aplikovány metody štíhlé výroby pro mapování současného stavu a poté pomocí metod pro komplexní zefektivnění výroby byl navržen stav budoucí. Tento nově navržený stav obsahuje zefektivnění jak po stránce výkonové (zkrácení průběžné doby výroby, zvýšení indexu přidané hodnoty, vyšší využívání kapacit jednotlivých strojů, apod.), tak také po stránce finanční (snížení nákladů na výrobu, zvýšení provozního zisku na jeden vyrobený kus, redukce počtu operátorů, atd.). Nejdůležitější a nejpřínosnější navržená opatření a jejich finanční zhodnocení jsou uvedeny v závěrečném vyhodnocení.

TEORETICKÁ ČÁST

1 Štíhlá výroba

Štíhlou výrobou se v podstatě označuje souhrn nástrojů a metod, které vedou ke zvyšování produktivity práce a komplexnímu zefektivňování výroby. Hlavní filozofií štíhlé výroby jsou drobná zlepšení, která jsou nepřetržitě implementována do výrobního systému. Důležité je také usilovat o zkrácení času mezi dodavatelem a zákazníkem eliminací plýtvání v řetězci mezi nimi. Plýtvání je všechno to, co zvyšuje náklady produktu bez toho, aby se zvyšovala jeho hodnota. Za štíhlý podnik se může považovat jen ten, který dělá pouze takové činnosti, které jsou potřebné, dělá je správně, rychleji než ostatní a utrácí přitom méně peněz. [1] [4] [17]

Štíhlost je o zvyšování výkonnosti tím, že na dané ploše dokáže podnik vyprodukovat víc než konkurence, s určitým počtem lidí vyrobí vyšší přidanou hodnotu než ostatní a také na jednotlivé podnikové činnosti a procesy spotřebuje méně času. Štíhlá výroba také znamená to, že podnik dělá přesně to, co zákazník vyžaduje, s minimálním počtem činností, které hodnotu produktu nezvyšují. Jde tedy především o to vydělat co nejvíce peněz, s co nejnižším úsilím a v co nejkratší době. Štíhlá výroba nemůže fungovat bez úzkého propojení s vývojem výrobků a technickou přípravou výroby (TPV), logistikou a administrativou v podniku – tyto 4 pilíře jsou základem pro to, aby se podnik mohl označovat za štíhlý (viz Obr. 1). [1] [6]



Obr. 1 Štíhlý podnik a jeho pilíře [10]

2 Metody štihlé výroby určené k mapování současného stavu

Metody štihlé výroby mapující současný stav mají za úkol co nejpřesněji a nejvýstižněji ukázat zainteresovaným pracovníkům managementu to, v jaké situaci se jejich podnik momentálně nachází, v jakém stavu je jejich výrobní proces, v čem tkví případné nedostatky a v neposlední řadě také naznačit možnosti zlepšení a zefektivnění všech nedokonalých procesů, které se odehrávají uvnitř organizace. Manažeři, kteří současný stav v podniku mapují a poté vyhodnocují, musí mít dokonalý přehled o všech informacích a vazbách, které s danou metodou souvisí, protože kdyby tyto informace neznali, byly by zjištěné hodnoty a výsledky nepřesné a mohly by přinést spíše ztráty než zisk. Metod, které mapují současný stav na pracovišti, existuje celá řada, avšak v této diplomové práci jsou uvedeny jen ty, které lze využít při zefektivňování výrobního procesu otočného čepu v podniku TATRA TRUCKS a.s.

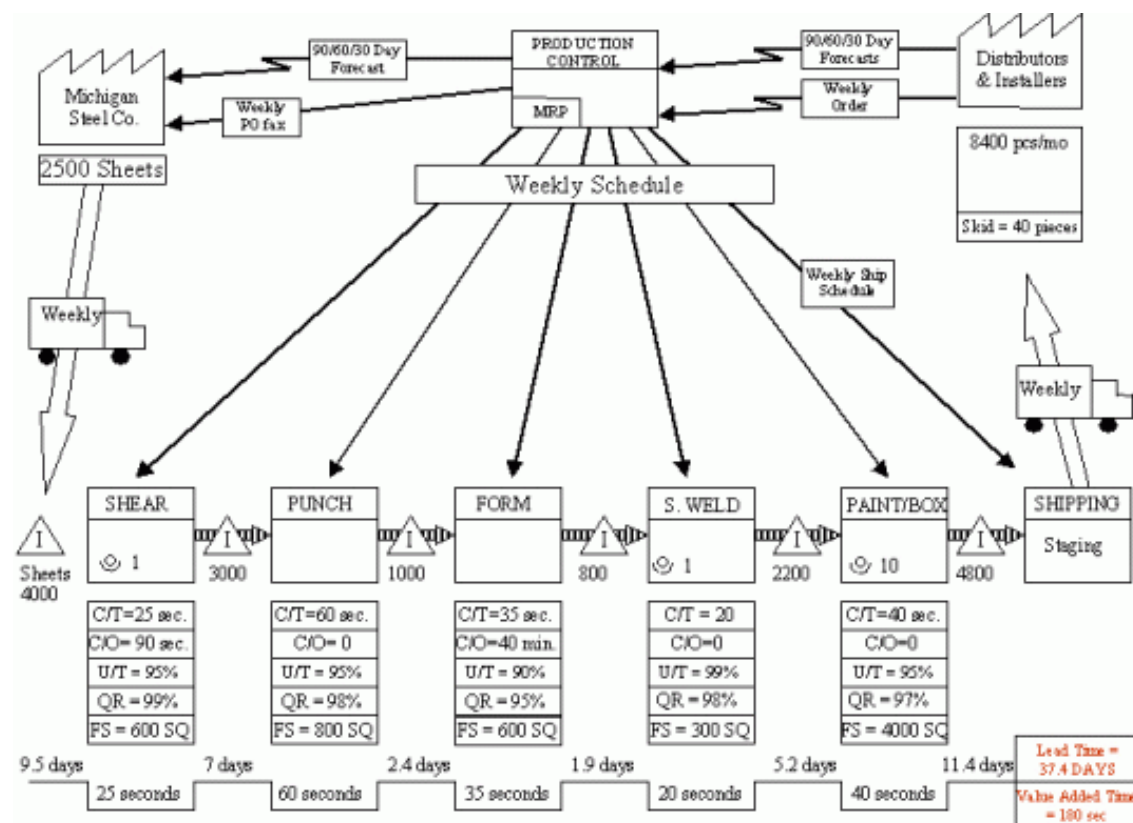
2.1 VSM – Value Stream Mapping

Value Stream Mapping (dále jen VSM), v překladu mapování toku hodnot, je jednou z metod štihlé výroby, která ukazuje současný stav hodnotového toku ve výrobních i administrativních procesech. Využívá grafického zobrazení toku hodnoty, který může být finanční, materiálový, informační nebo jiný. VSM jako podrobná vizualizace procesů umožní managementu identifikovat příčiny zbytečného plýtvání zdrojů (tzn. času, lidské práce, kapacity strojů, apod.). Techniku VSM používají pracovníci, kteří mají odpovědnost za zlepšování procesů či řízení kvality v organizaci. Mapování hodnotových toků pomáhá odhalit možné ztráty, úzká místa, slabé stránky a důvody neefektivních toků kdekoli v podniku. Je možné ji aplikovat na celou organizaci nebo jen na její určitou část, přičemž se využívají mapy jednotlivých procesů. Cílem této metody je eliminace či redukce činností, které nepřidávají hodnotu z komplexních hodnotových toků, zkrácení celkové průběžné doby výroby, zvýšení indexu přidané hodnoty i snižování celkového počtu transformačních kroků. [7] [9] [10]

Při vytváření diagramu VSM se nejprve musí určit výrobní představitel z dané skupiny výrobků. Obvykle to bývá ten výrobek, který má nejvíce operací, vyrábí se ve velkém množství a prochází během výrobního procesu nejvíce pracovišti. Po určení tohoto výrobního představitele podnik musí přesně zjistit jak často a v jakém množství si zákazník výrobek objednává. Následně se navrhne plán výroby na příslušné období a vytvoří se předpověď dodávek surového materiálu (polotovarovů) pro dodavatele. Tento dodavatelský plán musí obsahovat množství dodávaného

materiálu, typ dodávaného materiálu a frekvenci dodávání materiálu. Následuje návrh způsobu dopravy materiálu do podniku (silniční, železniční nebo jiný způsob dopravy). Tímto krokem jsou kompletně připraveny veškeré informační toky. [2] [3]

Následuje zobrazení výrobních toků, kdy je třeba znázornit všechny operace, jimiž daný výrobkový představitel prochází. Mezi tyto operace se vždy musí zapsat fyzický stav zásob na pracovišti. K jednotlivým operacím se pak zapisují všechny potřebné informace, se kterými se bude následně pracovat. Obvykle se zde zapisuje cyklový čas, seřizovací čas, počet operátorů, koeficient využití stroje, apod. Následuje vytvoření časové linie, kdy na horní linii se zapisuje stav zásob mezi pracovišti vyjádřený ve dnech (přepočteno dle množstevního plánu na dané období) a na spodní linii se zapisují cyklové, respektive procesní časy jednotlivých operací. Z těchto informací se poté vypočtou hlavní ukazatele, které jsou nejdůležitějším výstupem VSM a to jsou index přidané hodnoty (VA index) a průběžná doba výroby (PDV). Kompletní diagram VSM (viz Obr. 2) obsahuje všechny informační toky od zákazníka, přes plán výroby až po dodavatele, kompletní výrobní toky a na konec se zde zobrazuje i způsob expedice hotových výrobků zákazníkovi. V některých případech se VSM doplňuje i o návrhy řešení pro budoucí stav, který se zobrazuje v diagramu VSD. Pomocí diagramu VSM je možné stanovit kolik procent času z celkové PDV je materiál uskladněný v zásobách, jak dlouhá je skutečná PDV, kde se hromadí materiál, jaký je stav zásob na jednotlivých pracovištích, atd. [2] [3] [7]

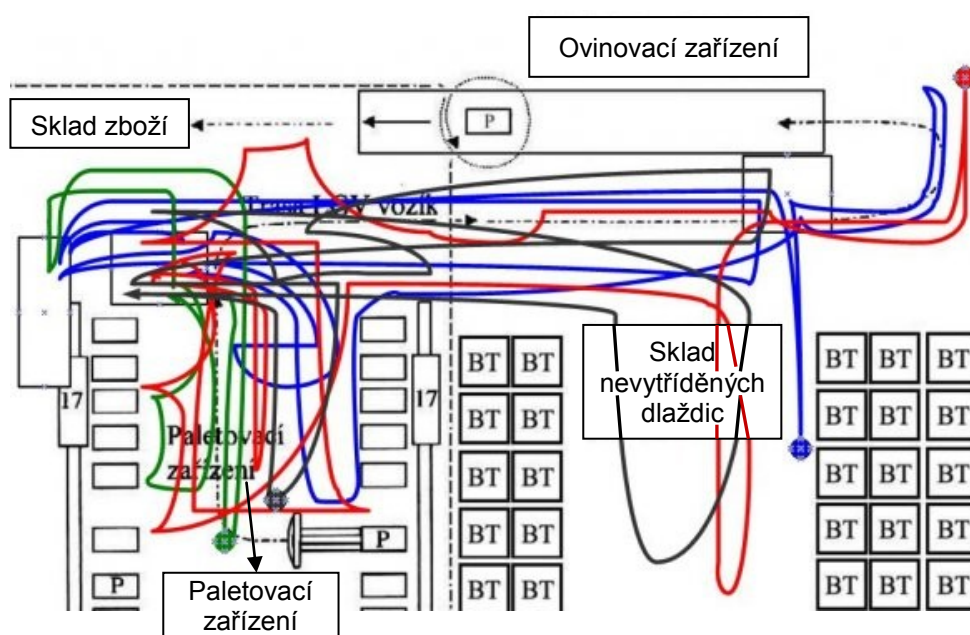


Obr. 2 Kompletní diagram VSM [15]

2.2 Spaghetti diagram

Spaghetti diagram zachycuje pohyb pracovníka nebo tok obrobku v určitém časovém období tak, jak byl původně zaznamenán do layoutu pracoviště (dílny, závodu). Do tohoto layoutu se zachycují veškeré pohyby a to buď jednoho pracovníka, více pracovníků, obrobku, více obrobků nebo pracovníků i obrobků dohromady. Tento druh analýzy současného stavu je snadné uskutečnit při snímkování průběhu práce. Odhalí tak množství chůze pracovníka mimo pracoviště, množství zbytečné manipulace a transportu obrobků a může být tedy dobrým podkladem na re-layout. Díky Spaghetti diagramu se jednoduše zobrazí prostor, ve kterém se operátor nebo obrobek pohybují. Jak již bylo zmíněno výše, důležitým podkladem je původní layout pracoviště, dílny nebo celého závodu – vše záleží na tom, který pracovník nebo obrobek bude sledován a v jakých prostorách se pohybuje.

Po zakreslení všech tras, které sledovaný objekt vykonal, do současného layoutu se provádí analýza těchto „špaget“. Uskutečňují se různá měření vzdáleností, které objekt urazil během výrobního procesu a poté se analyzuje, zda jsou tyto vzdálenosti optimální, nebo je lepší vést trasy jinou cestou, popřípadě přestavět stroje tak, aby délka jednotlivých tras byla co nejkratší. Po návrhu všech řešení se vybere jedno, které bude mít největší přínos, a to se realizuje. Po zavedení všech příslušných opatření se pak kreslí nový Spaghetti diagram a zkoumá se, zda byly všechny problémy vyřešeny či nikoliv. Na následujícím obrázku je vidět příklad Spaghetti diagramu, kde je pohyb tří operátorů mezi jednotlivými stroji zaznačen červenou, modrou a zelenou barvou (viz Obr. 3). [10]



Obr. 3 Spaghetti diagram současného stavu [10]

2.3 Multi-momentová studie

Multi-momentová studie (Multimoment Study) je definována jako postup náhodného odběru vzorků, což umožňuje statisticky vyjádřit využití jednotlivých strojů ve výrobním procesu. Přesněji řečeno se jedná o výběr několika náhodně vybraných vzorků, které ukazují v daném momentu, zda-li je stroj v provozu, v nečinnosti nebo jsou na stroji právě provozovány nezbytně nutné činnosti (opravy, údržba, seřizování). Hlavní výhodou multi-momentové studie jsou relativně nízké náklady (obvykle téměř nulové) a poměrně velmi přesné výsledky. Tyto výsledky pak zainteresovaným pracovníkům managementu ukazují reálný stav využití strojů a zařízení ve firmě. [16]

Postup vytvoření této studie je poměrně jednoduchý a nepřilíš pracný. Pozorovatel si z daného sortimentu výrobků vybere určitého představitele a do připraveného formuláře si zapíše všechny stroje a operace, které jsou spojeny s vybraným výrobkem. Ve formuláři je postupně v řádcích zapsán sled operací a ve sloupcích se píše čas, kdy pozorovatel začal se sledováním strojů. Připravený formulář poté s sebou vezme do výrobního procesu a postupně obchází jednotlivé stroje, podle toho, jak jdou operace za sebou.

Pokud je právě sledovaný stroj v nečinnosti, vybarví pozorovatel příslušné pole červenou barvou. Pokud stroj obrábí, vybarví pozorovatel příslušné pole zelenou barvou a pokud se stroj zrovna seřizuje, vybarví se pole žlutou barvou. Takto pozorovatel obejde postupně všechny stroje (dle sledu operací) a zaznamenává pomocí barev informace a činnosti, respektive nečinnosti jednotlivých strojů. Tento postup může během směny opakovat několikrát za sebou v různých časových intervalech. Čím vícekrát všechny stroje během směny obejde, tím budou výsledky statisticky přesnější a podnik z nich dostane relevantnější informace. [16]

Kompletní vyplněný formulář (viz Obr. 4) poté pozorovatel vyhodnotí společně s ostatními pracovníky managementu. Pokud výsledky zaostávají za očekávanými předpoklady, musí management učinit příslušná nápravná opatření ke zlepšení dosavadního stavu ve výrobě. Jako příklad těchto nápravných opatření je možno uvést zvýšení využití kapacit strojů, zvýšení počtu pracovníků ve výrobě nebo v neposlední řadě to může být i kompletní přestavba layoutu dílny. Metody, které se užívají ke zlepšení výsledků, mohou být například SMED, OPF, Metoda 5S, apod. Multi-momentová studie, která má ukázat, jak se zvýšila efektivita výrobního procesu proti předchozímu stavu, může být sestavena až po zavedení všech racionalizačních opatření do výrobního procesu.

Výrobek XYZ		Počáteční časy jednotlivých obchůzek								
		6:30	6:50	7:35	8:50	9:20	10:40	11:35	12:55	13:30
Stroje	SU 50A									
	SV 18R									
	FA4V									
	OFA 16SC									
	OFA 32A									
	Zámečnick									

Obr. 4 Příklad kompletně vyplněného formuláře multi-momentové studie

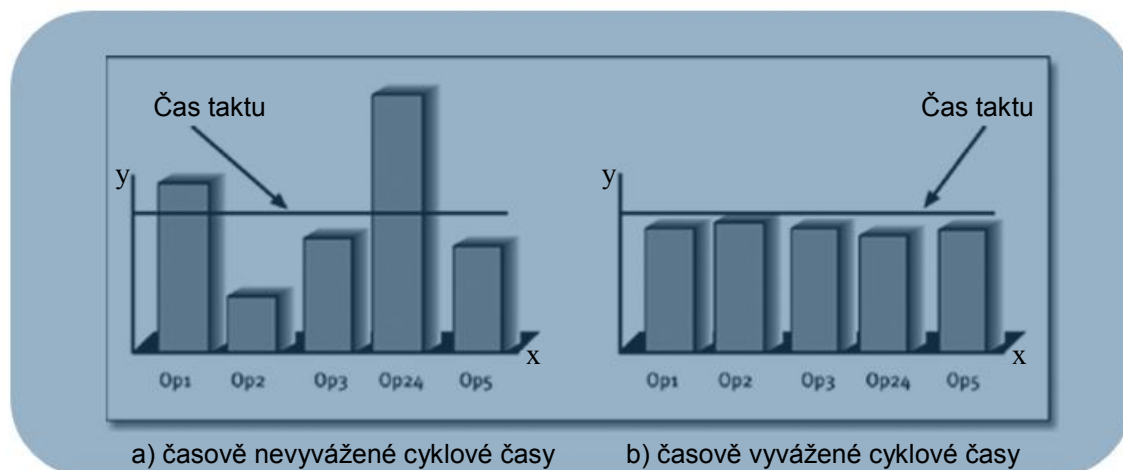
2.4 Bar Chart

Bar Chart v překladu znamená sloupcový graf a z tohoto typu grafu také celá tato metodika vychází. Jedná se o zobrazení jedné, či více veličin v závislosti na ostatních proměnných. Ve strojírenství se tyto diagramy zobrazují v podstatě jako sloupcové grafy, které zobrazují závislost cyklových, respektive manipulačních časů na taktu dané skupiny strojů (viz Obr. 5). Na ose x jsou vždy zaznamenány jednotlivé stroje, kterými daný obrobek prochází během celého výrobního procesu a na ose y je pak zobrazená časová osa ve zvolených jednotkách. Nedílnou součástí jsou pak přímky, které zobrazují časy, které je potřeba splnit, aby se určitý počet obrobků mohl vyrobit v zadaném období. Tyto přímky se konstruuji obvykle na jednosměnný, dvousměnný i třisměnný provoz. Pokud je graf takto připraven, začínají se do něj vynášet cyklové časy jednotlivých strojů a k nim se kumulovaně přičítají časy potřebné k manipulaci na každém ze strojů. [9]

Účelem těchto typů grafů je určit, zda postačí kapacity zvolených strojů k vyrobení zadaného množství určitého typu výrobků (nebo skupiny technologicky podobných výrobků) v daném časovém horizontu. Pokud kapacity postačují, určuje se, zda výrobky budou vyráběny v jedné, dvou, či třech směnách. Když zbývá ještě dostatečné množství nevyužitých kapacit strojů, vybírají se zakázky, které mohou nevyčerpanou kapacitu určitého stroje zaplnit a tím zvýší jeho využitelnost. Naopak pokud kapacity zvolených strojů nedostačují potřebám výrobce, musí se učinit určitá opatření k tomu, aby se požadavkům zákazníka vyhovělo a výrobky byly vyrobeny

ve stanoveném limitu. Mezi tyto opatření může patřit snížení cyklových nebo manipulačních časů, použití více strojů, více dělníků, zavedení dvoustrojové obsluhy, snížení prostojů atd. [9]

Optimálním výsledkem diagramu Bar Chart je stav, kdy je suma cyklových a manipulačních časů jednotlivých strojů těsně pod hranicí jedné z přímek zobrazující takt na jednu, dvě nebo tři směny. Sloupce by se neměly přímky dotýkat, protože je potřeba si zachovat určitou časovou rezervu pro případné poruchy, opravy, údržbu strojů a další činnosti spojené s nevýrobními událostmi. Pokud se tohoto stavu dosáhne v podniku u všech strojů (linek) pro všechny typy výrobků, má podnik téměř dokonale využity kapacity všech svých strojů. Na následujícím obrázku je vidět původní stav (levá část), kdy podnik neměl časově vyvážené cyklové časy strojů, některé operace čas taktu přesahovaly a jiné ho zdaleka nedosahovaly. Pravá část obrázku znázorňuje stav, kdy podnik již učinil určitá opatření a všechny časy vybalancoval tak, aby byly víceméně stejné a byly co nejbližší k přímce taktu. Zkratky Op1 až Op5 znamenají jednotlivé operace probíhající ve výrobním procesu.



Obr. 5 Bar Chart ve výrobním procesu [11]

2.5 OEE – Celková efektivita zařízení

Celková efektivita zařízení (Overall Equipment Effectiveness – dále jen OEE) je klíčovým ukazatelem pro podniky, které jsou aktivní v neustálém zefektivňování a zeštíhlování výroby. V České republice se také poměrně často používá zkratka CEZ, což značí počáteční písmena slovního spojení „Celková Efektivita Zařízení“. OEE ukazuje skryté kapacity výrobních strojů, kterých mohou využít výrobní týmy a dosáhnout tím zvýšení provozního zisku. OEE je nejvíce používaným klíčovým výrobním ukazatelem KPI (Key Performance Indicators) pro hodnocení efektivity

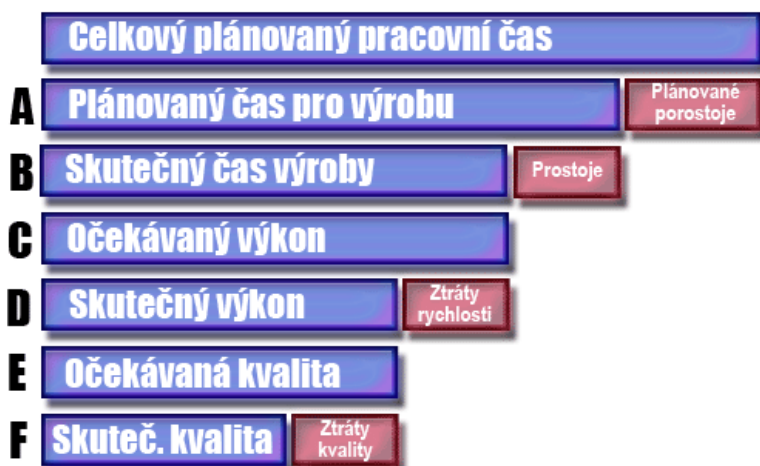
výroby. Hodnota OEE se udává v procentech využití normované kapacity zařízení (strojů a linek). Velmi dobré využití zařízení může v řadě oborů znamenat hodnota OEE větší než 85%, tj. zařízení vyrábí účinně a efektivně. V nepřetržité výrobě je hodnota OEE blízká 100%, ale v jiných, např. v dávkových výroбах, to bývá často mnohem méně vzhledem k prostojům. [1] [13]

Důležitou součástí zlepšování výroby je průběžná informovanost výrobního týmu včetně operátorů a dělníků. V praxi se osvědčilo poskytování informací v reálném čase, přímo do výrobního procesu, aby byli lidé okamžitě informováni o výsledcích své práce. OEE – celková efektivita zařízení se počítá jako součin tří faktorů.

- Využitelnost zařízení = Skutečný čas chodu stroje / Plánovaný čas chodu stroje.
- Výkon zařízení = Skutečné množství vyrobených výrobků * Optimální doba pro výrobu jednoho kusu / Skutečný čas chodu stroje.
- Kvalita výroby = Množství shodných výrobků / Množství vyrobených výrobků.

Objektivním měřením výše uvedených faktorů se získají hodnoty, jejichž součinem je možno vypočítat "Celkovou efektivitu zařízení". Tak se může hodnotit využití strojů a zařízení a případně hledat cesty jejich zvýšení. [13]

Na následujícím obrázku (viz Obr. 6) je uvedeno schéma, s jehož pomocí lze poměrně snadno OEE vypočítat. Stačí správně určit plánovaný čas pro výrobu, očekávaný výkon stroje během sledovaného období a poté přímo ve výrobě zapsat skutečné naměřené hodnoty. Tyto údaje se pak zpracují dle výše uvedených vztahů a vypočte se výsledné OEE. Mezi plánované prostoje se řadí přestávky na oběd, hygienické přestávky, apod. Do prostojů pak patří čekání na materiál, nadbytečný pohyb operátorů a další. Jako ztráty rychlosti se označují chod stroje naprázdno, snížená rychlost obrábění, atd. Do ztrát kvality patří především výroba zmetků. [15]



Obr. 6 Schéma pro výpočet OEE [15]

3 Metody štihlé výroby určené k navržení budoucího stavu

Metody určené k navržení budoucího stavu obvykle vycházejí z metod, které mapují současný stav. Po důkladné analýze současného stavu se navrhnou opatření, která povedou k zefektivnění daného procesu. Není to práce pro jednotlivce a na návrhu nápravných opatření má obvykle podíl větší množství manažerů, kteří se musí na návrhu shodnout a většinově ho odhlasovat. Když se tedy zainteresovaní manažeři na určitých návrzích shodnou, nastává proces implementace těchto opatření do výroby. To bývá obvykle nejtěžší fází celé realizace zefektivnění procesu. Musí se zpracovat postup implementace, určit závazné termíny, zajistit potřebný materiál, pracovní sílu, apod. Pokud se vše zdárně podaří, vysvětlí se nový postup pracovníkům, kteří mají nápravná opatření na starosti. Nově zavedený proces se nechá běžet ve zkušební lhůtě a poté se vyhodnotí, zda přinesl podniku očekávaný užitek, popřípadě jak byl velký. Zpracovány zde budou opět jen některé metody určené k navržení budoucího stavu, které budou dále aplikovány v praktické části této práce.

3.1 Re-Layout pracoviště

Často používanou metodou pro zefektivnění výroby bývá re-layout (přeuspořádání) pracoviště, dílny nebo celého provozu. Změna uspořádání strojů na pracovišti se obvykle děje na základě vyhodnoceného Spaghetti diagramu, VSM nebo multi-momentové studie. Nejčastějším důvodem pro re-layout bývá vysoká míra transportu obrobků mezi jednotlivými stroji, čekání na dokončení předcházející operace nebo také změna výrobního programu dané firmy. Přeuspořádání pracovišť je poměrně nákladná záležitost, a proto je třeba si ji vždy důkladně promyslet a zvážit všechny její důsledky. Nejlepší je vždy určit náklady na přemístění potřebných strojů, poté určit jaké finanční prostředky nové uspořádání firmě přinese a následně vypočítat za jak dlouho se vynaložené prostředky podniku vrátí. Pokud je návratnost investice do jednoho, maximálně dvou let, pak obvykle s realizací nebývá problém. Ovšem pokud je návratnost vyšší než 2 roky, bývá již obtížnější tuto investici prosadit. [21]

V dnešní době se v podnicích velmi často používá předmětné uspořádání pracovišť, což znamená, že různé stroje jsou řazeny do skupin podle technologicky podobných výrobků, které se na nich vyrábějí. Tyto pracoviště jsou uspořádána v souladu s technologickým postupem výrobků nebo jeho součástí. Výrobek se pohybuje (ideálně bez prostojů) od jednoho stroje ke druhému a postupně jsou za sebou prováděny všechny operace. Tento typ uspořádání je vhodný pro užší okruh výrobků

vyráběných ve větších objemech. Samozřejmě má tento typ uspořádání své výhody, ale i nevýhody. [22] [23]

Výhody:

- snazší a přehledné operativní řízení výroby,
- nízké výrobní náklady díky efektivitě provozu,
- nižší náklady na manipulaci s materiálem,
- zkrácení dopravních vzdáleností a průběžné doby výroby,
- nižší rozpracovanost výroby,
- možnost zaměstnání méně kvalifikovaných pracovníků.

Nevýhody:

- náročné na synchronizaci času trvání na jednotlivých pracovištích,
- vysoká citlivost na poruchy a menší pružnost výroby,
- při zapojení lidí do výroby vzniká problém s monotónností práce. [22] [23]

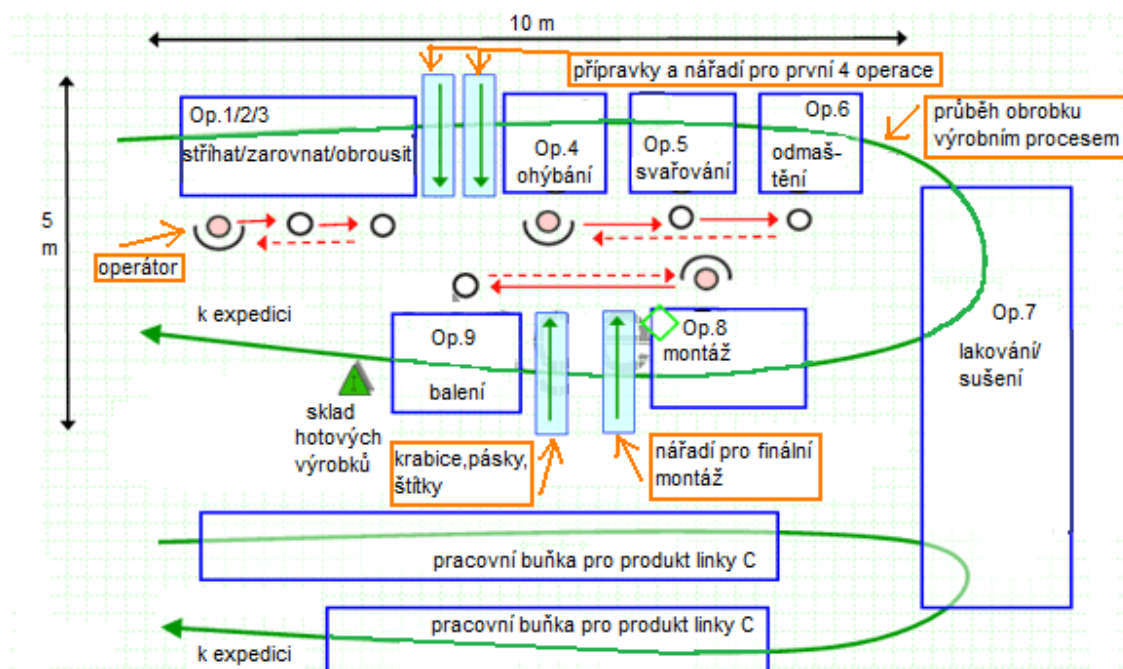
Za optimální řešení se považuje takové, kdy obrobek prochází výrobním procesem nejkratší cestou, čímž se minimalizují dopravní náklady. Vhodnost rozmístění strojů v hale lze posoudit různými metodami (Spaghetti diagram, VSD, apod.). [23]

3.1 Spaghetti diagram

Po sestavení současného Spaghetti diagramu následuje fáze nalezení možných zlepšení ve výrobním procesu. Především se jedná o změnu layoutu, změnu proudění součástí výrobním procesem nebo celkovou redukci strojů a zařízení. Těmito kroky se v podniku zabývá střední management, který má na starost projektování pracovišť a dílen. Jeho úkolem je navrhnout nové uspořádání strojů tak, aby měl pohyb výrobků a operátorů během výrobního procesu co nejkratší vzdálenost a aby tok výrobků byl převážně jednosměrný. Důležité je vybalancování jednotlivých operací tak, aby měly přibližně stejný časový úsek a aby se nehromadila na určitých místech nedokončená výroba. Nejčastějším nástrojem pro tyto úkoly bývá zavedení jednokusového toku materiálu, případně systému FIFO a zavedení určitého systému a pořádku na pracovištích pomocí Metody 5S.

Pokud se managementu povede všechny tyto opatření navrhnout a prosadit, následuje vytvoření nového Spaghetti diagramu (viz Obr. 7). Do něj se nejprve zakreslí nový layout firmy, příslušný počet pracovníků a případně i metody, pomocí kterých bude nově navržený tok materiálu fungovat. Následuje znázornění toku materiálu

přes jednotlivé stroje pomocí čar určité barvy a znázornění pohybu pracovníků mezi stroji pomocí čar jiné barvy. Poté se dle měřítka vypočte délka průtoku materiálu výrobním procesem a případně i délka chůze jednotlivých pracovníků během výroby určitého počtu kusů (buď jednoho výrobku, nebo dávky). Nakonec se vypočte procentuální zlepšení délky jednotlivých tras (výrobků, případně pracovníků) oproti Spaghetti diagramu současného stavu a vyhodnotí se reálný přínos pro podnik. [12]



Obr. 7 Spaghetti diagram budoucího stavu [12]

3.2 VSD – Value Stream Design

Metoda Value Stream Design (dále jen VSD), v překladu návrh hodnotového toku, vychází z mapy hodnotového toku VSM. Navazuje tak na návrhy, které byly provedeny na základě sestavení a vyhodnocení VSM. Jedná se také o určitou mapu hodnot, která se ale od VSM liší především v tom, že zde výrobní tok probíhá odlišným (efektivnějším) způsobem. Toky informační se obvykle mění minimálně a často zůstávají úplně beze změn. Pro zefektivnění výrobního toku se používají hlavně metody, jako jsou například:

- One Piece Flow (jednokusový toku materiálu),
- KAIZEN (neustálé zlepšování výrobních procesů),
- KANBAN (řízení výroby pomocí kanbanových karet),
- Metoda 5S (pořádek a čistota na pracovišti),
- FIFO (systematický odběr materiálu – první do skladu, první ze skladu),
- SMED (rychlejší seřizování strojů). [3]

4 Metody štíhlé výroby pro komplexní zefektivnění výroby

Metody popsané v následujících podkapitolách se používají hlavně jako nástroje, které dopomáhají zefektivnit současný stav určitého procesu. Nejedná se tedy ani o metody zobrazující stav současný, ani o metody navrhující stav budoucí. Jsou to pouze prostředky k dosažení určitého cíle, kterým obvykle bývá zvýšení produktivity práce, zvýšení efektivity výroby, snížení PDV, zvýšení VA indexu, atd. Tyto nástroje se používají především v diagramech VSM a VSD, ale své uplatnění najdou v re-layoutu pracoviště, či dílny nebo se s jejich pomocí mohou vybalancovat cyklové časy v Bar Chartu. I když to jsou „jen“ prostředky k dosažení určitých cílů, štíhlá pracoviště by bez nich byla nemyslitelná, a proto jsou již od počátku vzniku štíhlé výroby její nedílnou součástí. Nástrojů ke komplexnímu zefektivňování výrobního procesu existuje celá řada (SMED, Poka-yoke, Heijunka, KANBAN, ...), dále ale budou uvedeny pouze ty, které najdou své uplatnění v rámci této diplomové práce. [1] [5]

4.1 Metoda 5S

Metoda 5S je souhrn pěti základních kroků, které vedou k odstranění plýtvání na pracovišti a považuje se za propracovanou metodu, která patří k základním stavebním kamenům při zavádění štíhlé výroby. Díky Metodě 5S se vizualizuje a redukuje plýtvání, které se na pracovišti vyskytuje většinou ve velkém množství (zbytečný pohyb pracovníků, nadvýroba, nadbytečné zásoby, nadbytečná práce, odstraňování nekvality, nadbytečná doprava a manipulace). Také se zlepší kvalita a bezpečnost díky zavedení určitých standardů, zlepší se podniková kultura a postoj lidí k práci a v neposlední řadě se k lepšímu změni i celkově pracovní prostředí. Jak již vyplývá z názvu, skládá se Metoda 5S z pěti základních kroků.

- 1) SEIRI (setřídít) – cílem je, aby na pracovišti zůstaly pouze předměty a položky, které jsou potřebné pro současný provoz a pouze v potřebném množství. Nahromaděním nepotřebných položek zákonitě vzniká plýtvání. Je nutné stanovit kritéria pro posuzování jednotlivých předmětů a řídit se doporučeními a pravidly, kterých existuje velké množství.
- 2) SEITON (systematizovat) – cílem tohoto kroku je vhodné umístění označených položek. Všechny položky musí být umístěny tak, aby je každý snadno našel a mohl je snadno vzít, použít a vrátit na definované místo. V Metodě 5S jsou rozpracována pravidla a doporučení např. pro značení podlah jednotlivými barvami, jsou uvedeny vhodné typy čar a symbolů pro různé účely, apod.

- 3) SEISO (vyčistit) – cílem je zajistit, aby všechna pracoviště byla čistá a uklizená. Důsledky nečistého pracoviště mohou být například potlačení zákaznické důvěry, vyšší pravděpodobnost zranění, větší zmetkovitost a poruchovost nečistých strojů, apod. Je potřeba určit, co se bude čistit, kdo bude danou činnost vykonávat, kdy, jak často a jaké prostředky k tomu použije.
- 4) SEIKETSU (standardizovat) – účelem tohoto kroku je vytvoření standardu pracoviště, díky němuž bude mít každý pracovník jasnou představu o tom, co, kdy, kdo a proč má dělat, čistit, udržovat, kontrolovat. Znamená to dělat správné věci vždy správným způsobem.
- 5) SHITSUKE (stále zlepšovat) – znamená nejen udržovat, ale hlavně zlepšovat současný stav. Vždy bude trvat určitou dobu, než se dodržování standardů stane pro všechny samozřejmostí. K dosažení úspěchu slouží pravidelné audity, doplňující školení a další dílčí postupy. [2] [10] [15]

Metoda 5S je systematický přístup ke zlepšení pracovního prostředí, procesů a produktů prostřednictvím angažovanosti zaměstnanců na pracovišti. Pokud se v podniku zavede Metoda 5S lze dosáhnout snížení zásob na pracovišti, zlepšení kvality výrobků, zkrácení montážních operací, zmenšení pracovního prostoru, zlepšení podnikové kultury a další. Na následujícím obrázku je vidět stav pracoviště údržby před a po zavedení Metody 5S (viz Obr. 9). [2] [10]



Obr. 9 Pracoviště údržby před (nahore) a po (dole) zavedení Metody 5S [28]

4.2 TPM – Total Productive Maintenance

Total Productive Maintenance (dále jen TPM), v překladu totálně produktivní údržba, se orientuje na zapojení všech pracovníků v dílně do aktivit, které směřují k minimalizaci prostojů strojů, nehod a zmetků. V konceptu TPM se nerozlišují pracovníci, kteří na daném stroji pracují a pracovníci, kteří daný stroj opravují. Důležité je, aby pracovník, který stroj obsluhuje, sám vyhledával abnormality v chodu stroje a upozorňoval na ně ostatní zainteresované zaměstnance. Podmínkou je tedy zlepšení úrovně spolupráce mezi operátory, seřizovači a pracovníky údržby. Hlavní hybnou silou v zavádění TPM musí být management, který musí odbourat zaběhnuté pořádky ve firmě a nastolit tuto novou koncepci. TPM zahrnuje tři základní úlohy: každodenní údržbu, periodickou údržbu a okamžitou údržbu. [1] [2] [8]

Jednou z hlavních oblastí, kde je možné zvýšit produktivitu výrobních zařízení, je eliminace jejich přerušování práce. Další oblastí, do které TPM zasahuje, jsou ztráty při práci zařízení s poškozenými komponenty nebo při použití nesprávných pracovních metod. TPM používá pět základních činností na eliminaci přerušování práce výrobního zařízení:

- používání optimálních podmínek pro práci zařízení,
- dodržování předepsaných provozních podmínek,
- včasné diagnostikování a obnova poškozených prvků,
- odstraňování konstrukčních nedostatků v zařízení,
- zdokonalování schopností pracovníků. [1]

V praxi se ale často stává, že údržbářské dílny jsou vzdálené výrobě jak myšlením, tak přístupem k práci. Operátorům jednotlivých strojů zase záleží na stavu jejich stroje jen minimálně. Proto je potřeba koncepcí TPM toto uvažování pracovníků změnit a tím zlepšit celkový chod firmy. Přesun úkolů z údržby do výroby probíhá postupně v malých krocích při současném školení pracovníků výroby. TPM je o více lidech, jejich postojích a schopnostech než o strojích. Právě první kroky, které jsou zaměřeny na rozvoj schopností operátorů a postupné zvyšování OEE, by měly u obsluhy strojů postupně rozvinout určité schopnosti, kterými například mohou být: schopnost objevit a odstranit abnormality, zamezit vzniku těchto abnormalit, používat správný způsob čištění a mazání stroje, zlepšovat postup údržby, zavést vizuální nástroje řízení, pravidelně kontrolovat výkonnost strojů, atd. [1] [2] [8]

Všechny potřebné schopnosti se nedají získat v krátkém časovém úseku, a proto zavádění TPM není jednorázovým krokem a je potřeba mu věnovat dostatek času a prostoru. TPM má smysl všude tam, kde záleží na eliminaci ztrát kapacity

a zvýšení produktivity. Aplikace TPM je vhodná pouze tehdy, je-li firma stabilizovaná, má vysoce využitá zařízení a chce zvýšit produktivitu. Zavedení prvků TPM je vhodné již při instalaci nových zařízení do výroby. Výsledky TPM se nedostaví okamžitě, ale přicházejí postupně a je třeba tento koncept neustále zdokonalovat. Některým větším podnikům může zavedení TPM trvat až 5 let a během tohoto času je nutné tuto koncepci neustále rozvíjet a aktualizovat. Hlavním cílem TPM je udržet nebo dostat podnik do fáze, kdy bude schopen mezinárodní konkurence. Různé zdroje uvádějí rozdílné počty pilířů, které jsou základem celé TPM. Zde bylo vybráno schéma (viz Obr. 10), kde je zobrazeno 10 pilířů, kdy každý z těchto pilířů obsahuje soubor nástrojů, které se v postupných fázích implementují do systému a do jednotlivých výrobních úseků. [1] [8] [10]



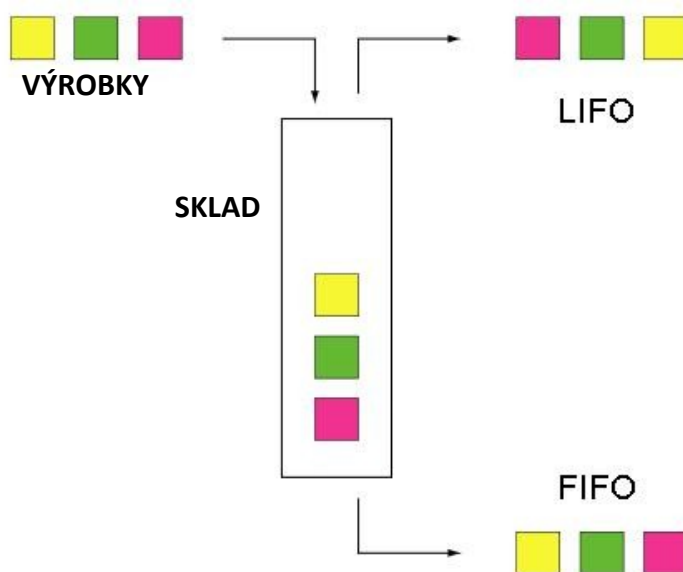
Obr. 10 Pilíře a nástroje TPM [10]

4.3 Metoda FIFO

Jedná se o jednoduchou, velmi univerzální metodu řízení, respektive způsob organizování a manipulace pohybu materiálu, dat nebo čehokoliv dalšího. FIFO (First In - First Out), v překladu „První dovnitř - První ven“, znamená ve výrobní oblasti, že první výrobek vstupující do skladu nebo mezikladu je zároveň i první výrobek, který z něj vystupuje. Materiál je obsluhován v pořadí, v jakém do systému vstoupil. Pojem FIFO se nejvíce používá v oblasti logistiky a dopravy, skladovém hospodářství, ve výrobní logistice nebo při programování nebo řízení požadavků. [10] [14]

Jedním ze základních principů progresivního plánování kvality produktu je dodržování systému FIFO. Dodržování tohoto principu napomáhá při ohraničení, identifikaci a řešení chyby procesu. Není důležité, na jakém stupni se výrobek nachází (zda-li je například díl u dodavatele nebo finální produkt u zákazníka). K dodržování tohoto principu nám mohou napomáhat určité systémy, které mohou být poměrně velmi jednoduché nebo i velmi propracované. Nejpoužívanější bývají skladové systémy, které nemají vstup a výstup na jedné straně, čili když výrobek do skladu vstoupí jako první jednou stranou, zákonitě musí být ve stejném pořadí odebrán i na výstupu. Systém FIFO je ve štíhlých podnicích nedílnou součástí výrobního procesu a je téměř vždy využíván jak ve skladech polotovarů a hotových výrobků, tak především v meziskladech rozpracované výroby, kde je použití tohoto systému nejpřínosnější. [10]

Opakem systému FIFO bývá systém LIFO (Last In - First Out), v překladu „Poslední dovnitř - První ven“, kdy výrobek, který přijde do skladu jako poslední, odchází jako první. Tento systém se používá u skladů, které mají vstup a výstup na jedné straně. Rozdíl mezi oběma systémy je schematicky znázorněn na následujícím obrázku (viz Obr. 11).



Obr. 11 Rozdíl mezi systémem FIFO a LIFO [29]

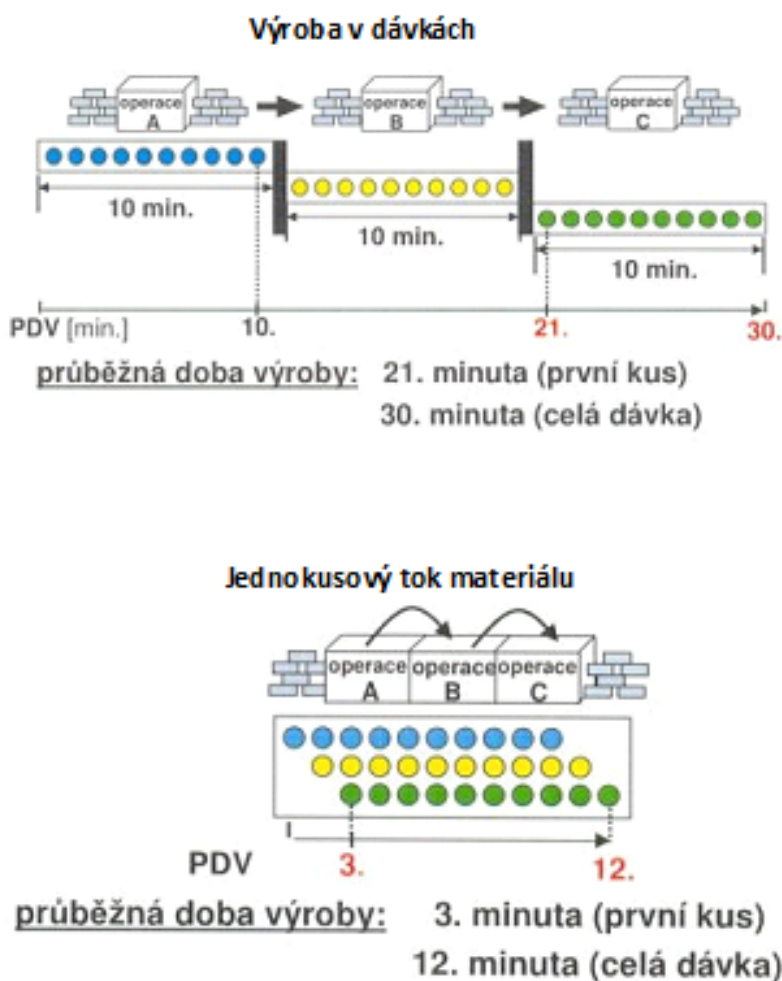
4.4 One Piece Flow

One Piece Flow (v překladu jednodusový tok materiálu) znamená způsob výroby, při kterém výrobek prochází jednotlivými operacemi procesu bez přerušování a čekání. V daný časový okamžik je vyráběn na příslušné operaci pouze jeden výrobek, který je bezprostředně předán na operaci následující. Pro dosažení jednodusového

toku je potřeba zajistit vysoce způsobilý proces, což znamená mít stabilní produkci dobrých kusů. Také je potřeba mít vysoce opakovatelný proces, kdy cyklové časy strojů pro opracování výrobků musí být totožné, popřípadě s minimálními odchylkami. A v neposlední řadě je nutné mít vysoce spolehlivé zařízení, které eliminuje výrobu zmetků. Jednokusový tok materiálu je v dnešní době velmi důležitým nástrojem podniků k tomu, aby zvyšovaly svou produktivitu práce a snižovaly úroveň zásob mezi jednotlivými pracovišti. Protikladem jednokusového toku je výroba v dávkách. Jako výhody jednokusového toku materiálu je možné označit následující:

- snížení rozpracovanosti výroby,
- snížení průběžné doby výroby,
- rychlejší identifikace nekvality,
- redukce výrobních ploch,
- identifikace úzkého místa v procesu. [10] [15]

Rozdíl mezi výrobou v dávkách a jednokusovým tokem materiálu je znázorněn na následujícím obrázku (viz Obr. 12).



Obr. 12 Rozdíl mezi výrobou v dávkách a jednokusovým tokem materiálu [10]

4.5 DNC Network – Distribuovaná číslicově řízená síť

V polovině devadesátých let nastal velký rozmach DNC sítí (Distributed Numerical Control Network). Začaly se odstraňovat čtečky děrných pásek u starších strojů, přičemž novější stroje se již zapojovaly do DNC sítí. Do konce roku 2000 bylo v České republice do DNC sítí zapojeno přes 1500 strojů, a to nejen ve velkých strojírenských provozech, ale i menší provozovatelé strojní výroby zjistili, že DNC síť napomáhá ke zkrácení přípravného času a zefektivnění výroby. DNC – tento výraz znamená provozní režim v podniku, při kterém jsou výrobní zařízení napojena přímo do počítačové sítě LAN. V případě NC/CNC strojů jsou výrobní zařízení napojena na hlavní počítač (DNC server), na kterém jsou archivovány a kompletně spravovány jejich programy a z kterého jsou tyto programy podle potřeby zasílány na jednotlivé stroje. Zajištění rychle se měnících výrobních požadavků, časově krátké přerozdělování nebo předávání řídicích informací na různé systémy, jako např. NC a CNC stroje, je dnes bez nasazení odpovídajícího DNC systému nemyslitelné. V průmyslovém prostředí, u zařízení a strojů, jejichž poloha či umístění se mění nebo se bude měnit, lze dnes s výhodou použít bezdrátové technologie přenosu dat z výroby. [24] [25]

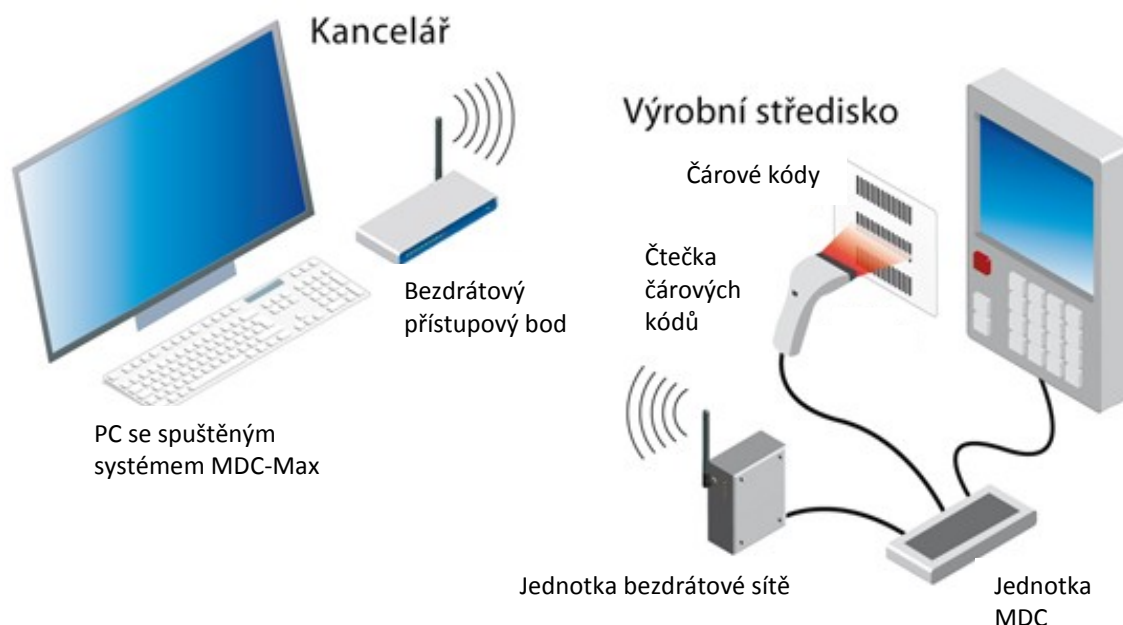
Každá pohyblivost stroje nebo jeho vypnutí, každá změna programu, spuštění nebo zastavení vřetena je on-line přenášeno, uchováváno a znázorňováno přehledným grafickým výstupem. Měsíční uzávěrka (plnění norem, důvody neplnění atd.) je tak otázkou velmi krátké chvíle. Stav procesu na jednotlivých strojích je navíc on-line zobrazován na velkém LCD monitoru, který by měl být vidět z jakéhokoli místa na hale. Vedoucí pracovníci z podniku mají k systému samozřejmě on-line vzdálený přístup odkudkoliv na světě. [26]

Systémů, které využívají DNC sítě, existuje mnoho, avšak ne všechny mají stejné funkce a ne všechny mohou ukazovat stejná data. Jako příklady těchto systémů je možno uvést *Winadmin*, *MDC-Max (DNC-Max)* nebo *CNCprog*. Například systém *CNCprog* nabízí možnost vzdáleného přístupu k evidenci programů CNC strojů. Obsluha může přímo z CNC terminálu požádat server o zaslání evidovaných programů, vybrat požadovaný program a požádat o zaslání programu do paměti CNC stroje. Pro vzdálenou komunikaci CNC stroje a serveru používá speciální komunikační protokol. Jako další výhody systému *CNCprog* je možno uvést následující:

- snížení prostojů CNC strojů,
- současná obsluha více strojů,
- flexibilní možnosti ukládání a archivace CNC programů: archive, CD-ROM,
- multi-dokumentový programový editor s možností porovnání programů,

- management CNC programů ve stylu Windows Explorer, jednoduchá obsluha a rychlé vyhledávání,
- automatický komunikační protokol podle typu stroje,
- zasílání seznamů programů na terminál CNC stroje,
- odesílání žádostí na programové soubory přímo od CNC stroje,
- připojení výkresů, postupů a jiných dokumentů k evidovaným programům,
- rychlá implementace. [27]

Systém *Winadmin* zase umožňuje zpětnou vazbu, kdy při správném nasazení programu je možné získávat údaje o produktivitě práce jednotlivých programátorů. Lze sledovat počet NC programů vytvořených programátorem za časový úsek, chybovost NC programů a kvalitu práce programátora. A konečně systém *MDC-Max (DNC-Max)* umožňuje s pokročilým sběrem strojních dat zajistit přesné podání zpráv o účinnosti obráběcího stroje při jakékoli práci. Může být zjištěno procento prostojů pro každý typ zastavení stroje, jako je výměna nástroje, údržba strojů apod. Tyto dodatečné informace poskytuje operátor pomocí čtečky čárových kódů. Struktura DNC sítě u systému MDC-Max je znázorněna na následujícím obrázku (viz Obr. 13). [25] [26]



Obr. 13 Struktura DNC sítě systému MDC-Max [26]

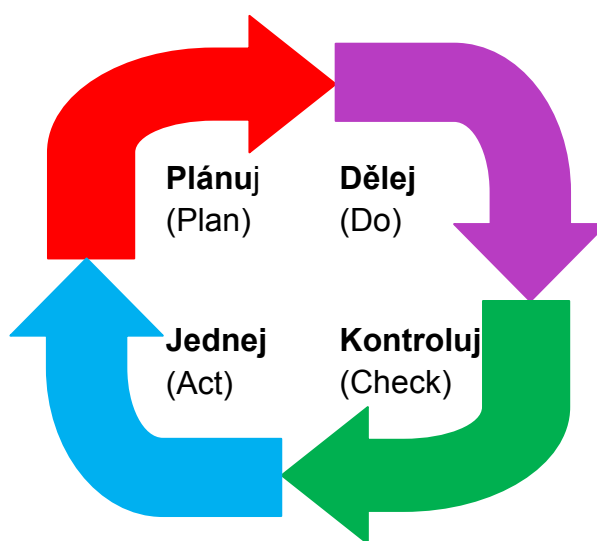
Všechny systémy určené pro DNC sítě pracují na obdobném principu a mají velmi podobné funkce. Avšak každý z nich je něčím speciální a záleží na každém podniku, která jeho speciální funkce mu bude nejlépe vyhovovat a podle toho si ten nebo onen systém vybere. Každopádně v moderním strojírenském podniku, provozující velkosériovou a hromadnou výrobu, jsou v dnešní době DNC sítě již nezbytné a málokterý podnik ještě funguje bez nich.

4.6 PDCA cyklus

Cyklus PDCA, někdy nazývaný také Demingův cyklus, je metoda postupného zlepšování firemních procesů, služeb nebo výrobků neustálým opakováním čtyř základních činností. Jedná se o následující čtyři základní pokyny, které musí organizace dodržovat, aby do svého systému tuto metodu úspěšně implementovala.

- 1) **Plánuj (Plan)** – prvním krokem je přesná specifikace vzniklého problému, dále pak určení faktorů, které mají na proces největší vliv, určení týmu pracovníků, kteří se budou problémem zabývat a promyšlení plánu, jak definovat příčiny problému.
- 2) **Dělej (Do)** – v druhém kroku se pomocí vybraných metod určí příčiny vzniklého problému, vyberou se ty nejdůležitější a na základě jejich analýzy se určí jednotlivá nápravná opatření, které se v co nejkratší době realizují.
- 3) **Kontroluj (Check)** – v další fázi se určí tým, který ověří, jak byla zavedená nápravná opatření účinná a jestli nastaly požadované změny, které měly vést k odstranění problému.
- 4) **Jednej (Act)** – v poslední fázi zainteresovaní pracovníci vyhodnotí stav před a po zavedení příslušných opatření, provedou případné úpravy a pokud tento stav stále nebude vyhovovat jejich přáním a požadavkům, vrátí se zpět do fáze plánování. [30]

Na následujícím obrázku (viz Obr. 14) je schematicky znázorněn PDCA cyklus.

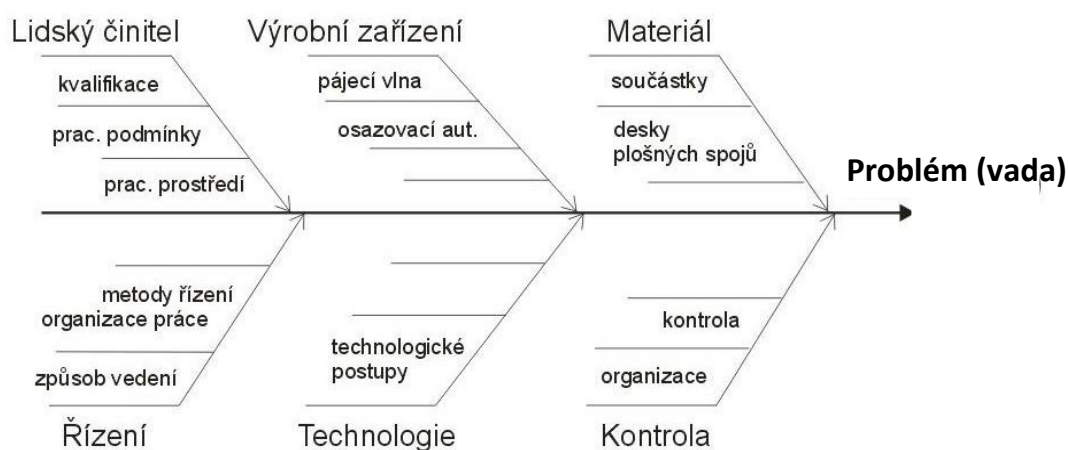


Obr. 14 Schéma cyklu PDCA

Ishikawův diagram

Metod, kterými se určují příčiny vzniklého problému, existuje celá řada, ovšem tou nejpoužívanější je obvykle Ishikawův diagram (diagram rybí kosti nebo diagram příčin a následků). Je to jednoduchá analytická metoda pro zobrazení příčin a jejich následků. Jeho cílem je analýza a určení nejpravděpodobnější příčiny řešeného problému. Ishikawův diagram nachází uplatnění v oblasti kvality, ale také v oblasti rizik nebo řešení problémů. Často se používá při týmových technikách hledání řešení, kterými mohou být například brainstorming, brainwriting, apod. Při řešení určitého problému se hledají jeho možné příčiny a znázorňují se do Ishikawova diagramu formou rybí kostry (viz Obr. 15). [14]

Možné příčiny



Obr. 15 Příklad Ishikawova diagramu [31]

Metoda 5 Proč

Pracovníci v týmu pak společně ze všech příčin vyberou ty nejzávažnější a provedou jejich analýzu, která může být provedena několika metodami. Velmi často se používá Metoda 5 Proč. Pomocí této metody se do připravené tabulky zapíše nejzávažnější příčiny a na každou z nich se 5x položí otázka: proč se to děje? Je důležité, aby pracovníci v týmu byli schopni sestavit odpovědi z různých hledisek. Následuje určení nápravného opatření, což je jedna z nejdůležitějších oblastí v celém cyklu PDCA. Pracovníci v týmu na základě sestavených odpovědí pomocí brainstormingu nebo jiné podobné metody navrhnou různá opatření, která by mohla vést k odstranění dané příčiny. Nakonec se ze všech návrhů formuluje jediné nápravné opatření pro každou hlavní příčinu a to se implementuje do daného procesu.

Metoda PDCA cyklu se může používat pro prakticky všechny zjištěné problémy a vady v podniku. Jeho aplikace je v podstatě neomezená, protože se může neustále opakovat, pokud pracovníci nejsou spokojeni s dosavadními výsledky. Zhotovení PDCA cyklu také není finančně náročné, a proto je vhodný i pro začínající podniky.

5 Projektový list

Projektový list (Project List) se používá pro vyhodnocení všech provedených opatření v rámci uskutečněného projektu jak po stránce kvantitativní, tak po stránce finanční. Do jednotlivých řádků se zde zapisují opatření, která byla provedena. Vedle nich se pak zapisuje počáteční stav daného ukazatele, hned za něj koncový stav tohoto ukazatele a procentuální vyhodnocení daného zlepšení, což se dá nazvat jako kvantitativní vyhodnocení provedeného opatření. Do posledního sloupce vpravo se pak zaznamenává, kolik stálo v peněžním vyjádření zefektivnění určitého ukazatele. [9]

Jako příklad je možné uvést zkrácení *průběžné doby výroby* pomocí re-layoutu dílny:

- ukazatel – průběžná doba výroby,
- provedené opatření – re-layout dílny,
- počáteční stav ukazatele – 32 dní,
- koncový stav ukazatele – 16 dní,
- procentuální zlepšení ukazatele – 50 %,
- náklady na provedená opatření – 500 000 Kč (přemístění strojů) + 100 000 Kč (likvidace starých strojů) = 600 000 Kč.

Projektový list každého podniku vypadá jinak, avšak vždy by měl plnit podobnou funkci, kterou je zobrazit provedená opatření a vyhodnotit je po určitých stránkách. Proto je na následujícím schématu znázorněn formulář pro projektový list v takové podobě, v jaké se může vyskytovat v některých podnicích (viz Obr. 16).

Ukazatel	Provedená opatření	Počáteční stav	Koncový stav	Procentuální vyhodnocení	Investované náklady
				..... %	..... Kč
				..... %	..... Kč
				..... %	..... Kč
				..... %	..... Kč
				..... %	..... Kč
				..... %	..... Kč
				..... %	..... Kč
				..... %	..... Kč
				..... %	..... Kč
				..... %	..... Kč
				..... %	..... Kč
				..... %	..... Kč

Obr. 16 Formulář projektového listu

PRAKTICKÁ ČÁST

6 Charakteristika firmy TATRA TRUCKS a.s.

Založení firmy TATRA TRUCKS a.s. se datuje k roku 1850, kdy tehdejší živnostník Ignác Šustala započal v Kopřivnici (Nesselsdorf) výrobu kočárů a drožek. Samozřejmě v tehdejší době firma ještě nenesla současný název, nýbrž od roku 1858 vystupovala pod označením Schustala & Comp., později pak Nesselsdorfer Wagenbau Fabriks Gesellschaft. V roce 1897 továrník baron Theodor von Liebieg ve spolupráci s Karlem Benzem dovezli do Kopřivnice jeden z prvních dvouválcových motorů a tak zde byl vyroben první osobní automobil s názvem Präesident. O rok později následovalo vyrobení prvního nákladního automobilu. Od roku 1914 se již naplno rozběhla sériová výroba nákladních vozidel a od roku 1919 se na automobilech poprvé začal objevovat název TATRA. Mezitím se firma přejmenovala na Kopřivnická vozovka, a.s. V roce 1936, po dalším sblížení s pražským magnátem, vznikla firma Ringhoffer TATRA, a. s., která byla o dva roky později přejmenována na Ringhoffer TATRA Werke A G. [18]

Po roce 1945 se v TATŘE na celé čáře prosadila česká linie. Vznikl národní podnik TATRA a jeho projektanti dokonale zpracovali válečnou konstrukci prvního těžkého nákladního automobilu Tatra se vzduchem přímo chlazeným vznětovým motorem vlastní originální konstrukce s názvem Tatra 111 (viz Obr. 17). Další legendou, která přišla na silnice v roce 1959, byla Tatra 138, jejíž konstrukční vývoj vedl k modelové řadě T 148. Tyto vozy TATRU v tomto období pasovaly na vysoce konkurenceschopnou automobilku. V roce 1982 došlo ke sjednocení modelových řad a představení typu T 815. Se změnou politických a společenských poměrů v roce 1989 se orientace na jedinou modelovou řadu stala přítěží rozvoje obchodu. Jistým přelomem v produkci TATRY se stal zákaznický projekt LIWA, kdy byly vozidla T 816 8x8 v sérii 1127 kusů dodány armádě Spojených arabských emirátů. [18]



Obr. 17 Tatra 111 [19]

V roce 1999 vznikly postupně modelové řady ARMAX a FORCE. První vycházela z civilní produkce T 815-2, která přijala pojmenování TERRN°1, a tzv. militarizací připravovala vozidla vhodná pro použití ve speciálních službách. Druhá řada speciálů FORCE stavěla na možnostech zabudování motorů a převodovek cizího původu do originální tatrovácké koncepce automobilu (specifická centrální nosná roura, výkyvné vyosené polonápravy a speciální odpružení). V roce 2002 koupila společnost TATRA duševní vlastnictví, práva a technickou dokumentaci k výrobě středně těžkého vojenského vozidla Ross R 210, které bylo schváleno pro provoz v Armádě České republiky. V té době také oddělení konstrukce a vývoje pracovala velmi intenzivně na zcela nové modelové řadě speciálních vozidel původně označené jako T 817, později označeno jako T 815-7, která se dosud vyrábí v hasičském, stavebním nebo vojenském provedení (viz Obr. 18). Vedle vzduchem chlazených motorů TATRA mohou být ve vozidlech použity též kapalinou chlazené motory Cummins či Caterpillar. Také kromě mechanicky ovládané převodovky může být použita převodovka automatická či vlastní převodovka s elektronickým systémem řazení TATRA-Norgren. Konstrukce vozidel umožňuje dodatečnou montáž přídatného pancéřování kabiny v několika stupních ochrany. Od roku 2007 je modelová řada speciálních vozidel s přesahem do civilní sféry T 815-7 součástí standardní nabídky společnosti TATRA. [18]



Obr. 18 Vojenské provedení vozidla T 815-7 [18]

Do současného výrobního programu patří civilní modelová řada TATRA TERRN°1 Facelit (2010) s modely v provedení podvozku 4x4, 6x6 a 8x8 využívající všechny moderní konstrukční prvky TATRA včetně poloautomatického řazení převodových stupňů TATRA-Norgren. Kapotové provedení těžkých nákladních vozidel TATRA představuje modelová řada JAMAL a vojenská vozidla FORCE a ARMAX. Řešením

pro specifické zákaznické požadavky na univerzální nosič nástaveb je T 810. Samozřejmě do současného výrobního programu spadá také typ T 815-7, který se vyrábí v provedení jak pro armádu, stavebnictví, lesnictví, tak i pro hasiče. Od roku 2011, kdy do podniku s názvem TATRA, a.s. vstoupila společnost DAF, se vyrábí vozidla s názvem Tatra Phoenix (viz Obr. 19), které mají s původními vozidly Tatra společnou pouze tatrováckou koncepci podvozku a rám. Ostatní části vozidla jsou v převážné míře nakoupené a dovezené z jiných společností a v TATŘE se pouze montují dohromady. Nákladní vozidla značky TATRA jsou založena především na tatrovácké koncepci automobilu, kterou se doposud nepodařilo nikomu úspěšně napodobit. Těžká nákladní vozidla z Kopřivnice jsou pověstná díky své průchodnosti nejtěžšími terény v extrémních klimatických podmínkách, vysoké spolehlivosti a vynikajícím užitným vlastnostem. Tyto vozidla se přizpůsobí třeskutým mrazům i abnormálně vysokým pouštním teplotám. [18]



Obr. 19 Tatra Phoenix [18]

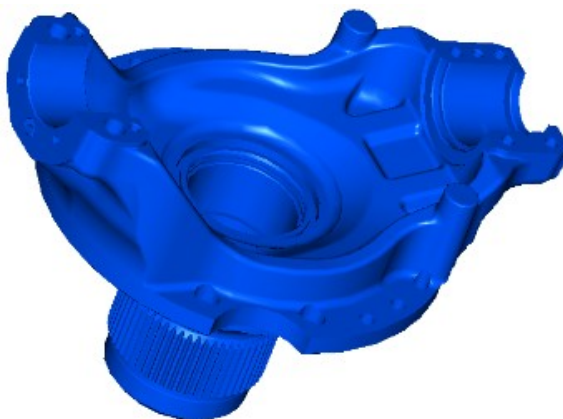
Od března roku 2013 se společnost jmenuje TATRA TRUCKS a.s. a má dvě dceřiné společnosti – Taforge a.s. (výroba výkovků) a Tafonco a.s. (výroba odlitků). Mezi významná obchodní teritoria společnosti patří Rusko, Izrael, Indie, země Arabského poloostrova, Austrálie, USA a Evropa. Samozřejmě se nesmí opomenout domácí trh, kde mezi zákazníky dominuje Armáda České republiky. Vynikající jízdní vlastnosti a mnohé technické a konstrukční novinky vozidel TATRA jsou již dlouhá léta ověřovány na trasách maratónských soutěží. Nejvýznamnějších úspěchů dosáhly posádky Tater ve známé Rallye Dakar nebo Silk Way Rally. [18]

7 Analýza současného stavu

V této kapitole jsou podrobně sepsány všechny informace týkající se výrobního procesu zvoleného výrobkového představitele, kterým je otočný čep typu 442021110844, vyrábějící se z tvárné litiny s označením 422305. Mapování současného stavu výrobního procesu proběhlo pomocí vybraných metod štíhlé výroby, kterými byly: VSM, Spaghetti diagram, Bar Chart, Multi-momentová studie a OEE. Pomocí těchto nástrojů k racionalizaci výrobního procesu je podrobně sestaven současný stav na jednotlivých pracovištích, zobrazen průběh výrobku celým výrobním procesem, určeno vytížení jednotlivých strojů a v neposlední řadě je také znázorněn materiálový tok od výroby polotovaru až po dokončení výrobku a jeho expedici. Podrobný postup zpracování všech výše uvedených metod je uveden v teoretické části této práce, a proto je v praktické části uveden vždy jen stručný postup toho, jak bylo určitého výsledku dosaženo.

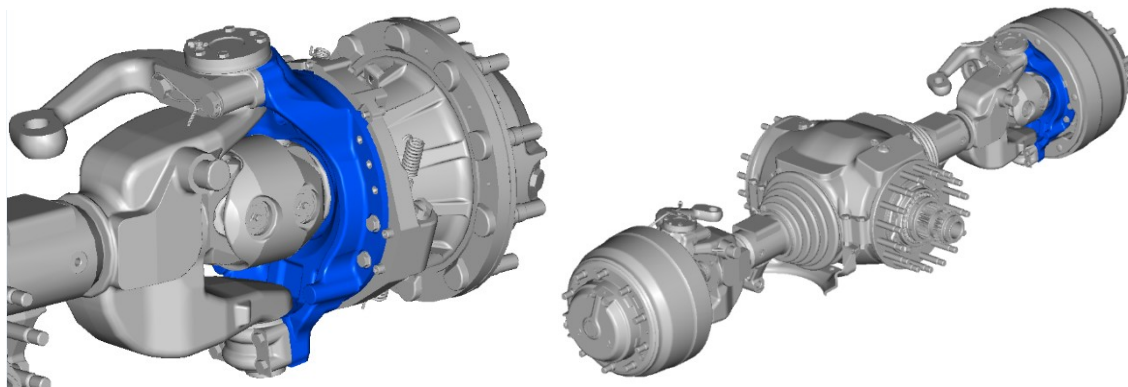
7.1 Popis výrobního procesu otočného čepu

Součást, která se stala nejdůležitějším předmětem této diplomové práce, je otočný čep, který se používá na předních nápravách nákladních automobilů Tatra. Tato součást se dle množstevního plánu na rok 2014 (viz Příloha B) bude vyrábět v 19-ti technologicky podobných provedení. Otočný čep je vždy vyroben v pravém a levém provedení, protože jeho použití na jedné, či druhé straně nápravy vyžaduje zrcadlový obraz. Jedná se tedy o 9 typů otočných čepů prováděných v pravém a levém provedení. Jeden druh otočného čepu je zde navíc jako pozůstatek nedokončené výroby z roku 2013. Vyrábí se 3 hlavní typy otočných čepů – dlouhé, krátké s ozubením a krátké bainitické s ozubením. Jako výrobkový představitel byl vybrán krátký otočný čep s ozubením, který má nejvíce operací (konkrétně 12) a jedná se o typ 442021110844, jehož 3D model je na následujícím obrázku (viz Obr. 20).



Obr. 20 3D model otočného čepu typu 442021110844

Technický výkres otočného čepu 442021110844 je znázorněn v Příloze C a stručný postup výroby se nachází v Příloze D. Konkrétní umístění otočného čepu na nápravě automobilu Tatra je znázorněno na následujícím obrázku modrou barvou (viz Obr. 21).



Obr. 21 Umístění otočného čepu na nápravě automobilu TATRA

Pracoviště, kterými obrobek prochází od polotovaru až po stádium hotového výrobku, se nacházejí ve dvou různých halách, které jsou od sebe vzdáleny přibližně 400 m. V hlavní hale pro výrobu náprav se nachází 9 pracovišť potřebných k výrobě daného typu otočného čepu (na brusce BHU 40A/1000 se provádí 2 operace) a ve vedlejší hale, potřebné především pro výrobu ozubení, se nachází zbylá 2 pracoviště. Popis operací na jednotlivých pracovištích a jejich rozmístění je podrobně sepsán v následujících kapitolách.

Jednotlivá pracoviště, na kterých se obrobek postupně obrábí, jsou zaznamenány v další tabulce (viz Tab. 1).

Tab. 1 Popis pracovišť pro výrobu otočného čepu

Číslo operace	Název stroje	Typ operace	Číslo Přílohy/obrázku
1	Weisser Verthor H-1R	Soustružení	viz Obr. 22
2	SKJ12A	Soustružení	viz Obr. 23
3	MCFV 1260	Obráběcí centrum	viz Obr. 24
4	OHA 50A	Obrázení	viz Obr. 25
5	DOS 2/A	Odmaštění	viz Příloha L
6	BHU 40A/1000	Broušení	viz Příloha L
7	BHU 40A/1000	Broušení	viz Příloha L
8	SU 50A	Soustružení	viz Příloha M
9	MCFV 1260	Obráběcí centrum	viz Obr. 24
10	VO 50	Vrtání	viz Příloha M
11	H1	Odmaštění	viz Příloha M
12	Zámečnick	Konzervace	



Obr. 22 CNC soustruh Weisser Verthor H-1R



Obr. 23 Svislý soustruh SKJ 12A



Obr. 24 Obráběcí centrum MCFV 1260



Obr. 25 Odvalovací obrážka OHA 50A

Jak již bylo zmíněno výše, otočný čep typu 442021110844 prochází ve fázi obrábění postupně 11-ti pracovišti, přičemž na každém z nich stráví určitý časový úsek. Nejprve je však třeba vyrobit polotovar, který se zhotoví v dceřiné společnosti na výrobku odlitků Tafonco a.s. a v objednaném množství se dopraví do budovy určené k výrobě dílů podvozků a náprav, kde se uloží na příslušné místo. Surový odlitek (viz Obr. 26) se poté v dávce šesti kusů převezve před první pracoviště (soustruh Weisser Verthor H-1R), kde začíná samotný proces obrábění.



a) pohled shora

b) pohled z boku

Obr. 26 Surový odlitek otočného čepu

Je třeba zmínit, že součást jakéhokoliv typu otočného čepu váží kolem 30 kg, což neumožňuje ruční manipulování, a proto se pro manipulaci používá převážně konzolových jeřábů a vysoko zdvižných vozíků. Operace č. 1 na surovém odlitku je soustružení, kde se dle vypracovaného a nastaveného programu soustruží potřebné plochy a hrany. Po první operaci se obrobek pomocí konzolového jeřábu přesune na vedlejší pracoviště a proces obrábění pak pokračuje operací č. 2 na svislém

soustruhu SKJ 12A. Pracoviště prvních dvou operací jsou umístěna vedle sebe, a proto je možné přemístit obrobek pouze pomocí konzolového jeřábu. Když operátor dokončí operaci č. 2, ukládá obrobky do kovových beden (do každé z nich se vejde 6 ks otočných čepů) vedle svého pracoviště, kde čekají na přemístění vysokozdvizným vozíkem k další operaci. Když se obrobky dostanou ke třetímu pracovišti (obráběcí centrum MCFV 1260), operátor opět pomocí konzolového jeřábu vyzvedne obrobky a pomocí středících kostek (viz Obr. 27) zajistí požadovanou polohu obrobku ve stroji. Poté zajistí a upne součást, zavře dveře obráběcího centra a spustí operaci dle nastaveného programu. Obrobky se po dokončení operace č. 3 (viz Obr. 28) umístí do kovových beden v blízkosti daného pracoviště, kde čekají na převoz do vedlejší haly k výrobě ozubení.



Obr. 27 Středící kostka



a) pohled zdola

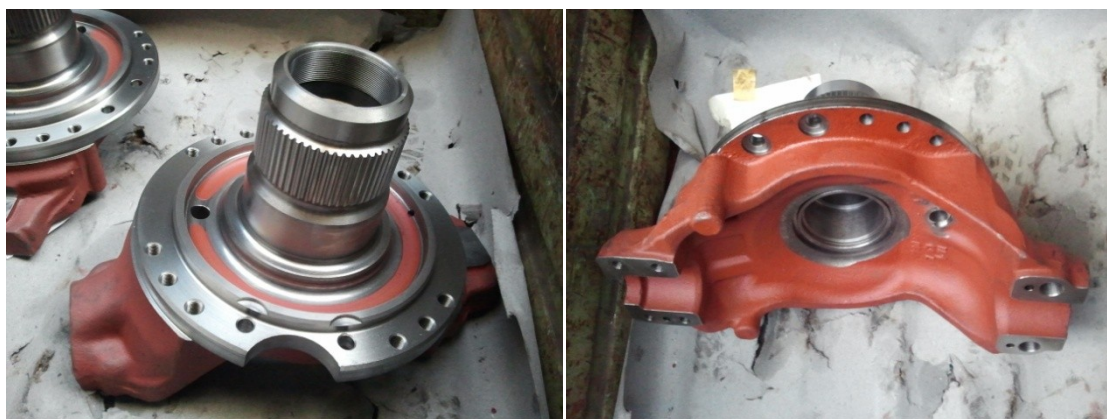


b) pohled shora

Obr. 28 Obrobek po dokončení operace č. 3

Řidič vysokozdvizného vozíku převezé buď sám, nebo ve spolupráci s řidičem multikáry bedny s obrobky do vedlejší haly, kde se provede výroba ozubení (operace č. 4 na stroji OHA 50A) a následné odmaštění (operace č. 5 na stroji DOS 2/A). Součásti se pak umístí na příslušné místo, kde čekají na odvoz zpět do haly pro výrobu dílů podvozků a náprav. Řidič vysokozdvizného vozíku (popřípadě ve spolupráci s řidičem multikáry) přiveze obrobky před pracoviště operace č. 6 až operace č. 8

(bruska BHU 40A/1000 a soustruh SU 50A) a uloží je v dosahu konzolového jeřábu. Operátoři pak postupně berou obrobky z kovových beden a provádějí jednotlivé operace (2x broušení, 1x válečkování). Po dokončení operace č. 8 se obrobky opět uloží do beden, kde čekají na převoz k operaci č. 9, kterou je opracování obrobku dle nastaveného programu na obráběcím centru MCFV 1260. Když operátor dokončí tuto operaci, uloží obrobky do beden v blízkosti uličky pro snazší manipulaci vysokozdvizného vozíku, který opět převáží obrobky k operaci č. 10, kterou je vrtání na vrtačce VO 50. Po vyvrtání potřebných děr se všechny obrobky odmašťují (operace č. 11 na stroji pračce H1) a následně se přemisťují na zámečnické pracoviště, kde se probíhá poslední operace (odstranění otřepů, oprava nátěru, natírání proti korozi, atd.). Hotové výrobky (viz Obr. 29) se poté uskladňují na předem určeném místě, kde čekají, než se dle aktuálního požadavku odvezou k montáži náprav.



b) pohled shora

b) pohled zdola

Obr. 29 Hotový výrobek otočného čepu typu 442021110844

Samozřejmě se na jednotlivých pracovištích (s výjimkou zámečnického pracoviště a odmašťování) musí provádět kontrola právě obrobených rozměrů, kterou vykonávají operátoři obvykle za chodu stroje. Ta se provádí za pomoci různých měřidel a nástrojů, kterými například mohou být posuvné měřidla, mikrometry, válečkové kalibry, třmenové kalibry, závitové kalibry (viz Obr. 30), ploché kalibry, apod. Konkrétní kontrolované rozměry a používaná měřidla jsou uvedeny v technologickém postupu součásti.



Obr. 30 Závitové kalibry

7.2 Diagram VSM

U diagramu VSM je důležité určit, jakým způsobem a jak často zákazník objednává daný produkt z výrobního podniku. V podniku TATRA TRUCKS a.s. se vyrábí vozy dle konkrétních požadavků zákazníka. Na rok 2014 je plánováno vyrobit celkem 1298 otočných čepů v 19-ti různých typech. Přesné množství jednotlivých typů otočných čepů je znázorněno v množstevním plánu na rok 2014 (viz Příloha B).

Na počátku roku 2014 přešla TATRA TRUCKS a.s. na nový systém plánování, kdy se výroba plánuje jednotlivě na každý týden. Výrobní plán se sestavuje na období 12 týdnů, dále následuje výhled výroby na 8 týdnů a nakonec se zpracovává zásobník zakázek a rozpracované obchodní případy. Plánování se provádí v systému BAAN. Odsud se výrobní plán rozpadá na jednotlivé úseky výroby a dávají se zde také příkazy k zahájení výroby na první pracoviště. Samozřejmě MRP systém BAAN musí také naplánovat potřebu materiálových zdrojů, která se následně odešle do nákupního oddělení, kde vystaví objednávky na požadované množství jednotlivých druhů polotovarů. Tento požadavek se zasílá do dceřiné společnosti Tafonco a.s., kde probíhá výroba odlitků. Celý tento proces od poptávky zákazníka, sestavení výrobního plánu na následující rok až po odeslání požadavku na výrobu polotovarů se označuje za proces informačních toků, které v podniku probíhají. Jednotlivá oddělení v podniku se do diagramu VSM zaznačí do příslušných polí a vazby mezi nimi se znázorní šipkami s popisky.

Vyrobené polotovary se pak v dávkách dle MRP systému (obvykle 100 ks) převážejí nákladním vozidlem před výrobní halu pro výrobu dílů podvozků a náprav. Zde čekají, až od plánovačů výroby přijde pokyn na první pracoviště, že se má zahájit výroba daného typu otočného čepu. Poté se polotovary převezou v požadovaném množství vysokozdvizným vozíkem před první pracoviště, kde začíná proces samotné výroby.

V diagramu VSM má každá operace samostatnou tabulku, do které se vepisují potřebné informace, jako jsou: číslo operace, název operace, typ stroje, délka cyklového času, délka seřizovacího času, počet operátorů, počet strojů, směnnost stroje apod. Všechny podniky nemají tyto tabulky u jednotlivých operací stejné a závisí především na samotných podnicích, co považují za důležité údaje, které by v diagramu VSM neměly chybět, a právě tyto údaje tam zaznamenají. Mezi tyto tabulky se pak zapisují stavy zásob před jednotlivými pracovišti, což slouží k vypočtení PDV. Po zapsání všech operací a zásob mezi nimi, následuje označení způsobu dopravy ke konečnému subjektu a zobrazení časové linie pod tabulky jednotlivých operací.

Otočný čep typu 442021110844 prochází během výrobního procesu postupně dvanácti operacemi a zjištěný stav zásob mezi jednotlivými pracovišti vypadal k datu 13. 12. 2013 dle následující tabulky (viz Tab. 2).

Tab. 2 Výše zásob mezi jednotlivými pracovišti

Pracoviště, mezi kterými je zásoba zjištěna	Výše zásoby [ks]
Před 1. pracovištěm	12
1-2	8
2-3	15
3-4	0
4-5	0
5-6	0
6-7	0
7-8	20
8-9	0
9-10	0
10-11	0
11-12	6
Za 12. pracovištěm	137

Po dokončení poslední operace na posledním kusu v daný den, se posílá do oddělení plánování výroby potvrzení o dokončení zkompletovaných objednávek. Konečným subjektem v tomto případě není zákazník (z výše uvedených důvodů), ale oddělení montáže náprav, kam se hotové obrobky z poslední operace přemisťují.

Když je diagram VSM v této fázi, následuje znázornění příslušných hodnot na časovou linii. Nejprve je potřeba vypočítat množství otočných čepů, které případně vyrobit, na každý pracovní den v roce. To se vypočte pomocí množstevního plánu výroby na rok 2014 (viz Příloha B) a pomocí pracovních dní v roce 2014 dle následujícího vztahu:

$$PS_D = \frac{MP_R}{PD_R} = \frac{1298}{252} = \underline{5,15 \text{ ks/den}} ; \quad (1)$$

kde: PS_D = počet součástí vyrobených za jeden pracovní den [ks/den],
 MP_R = množstevní plán výroby otočných čepů na rok 2014 [ks] (viz Příloha B),
 PD_R = počet pracovních dnů v roce [dny].

Nyní je třeba zapsat stavy zásob na horní část časové linie vyjádřené ve dnech. Tento výpočet je proveden pomocí fyzického stavu zásoby před pracovištěm a počtu vyrobených součástí za jeden pracovní den dle následujícího vztahu (názorný výpočet je zde uveden pouze pro stavy zásob před prvními dvěma pracovišti):

$$Z_D = \frac{FZ}{PS_D} = \frac{12}{5,15} = \underline{2,33 \text{ dní}} \text{ (zásoba vyjádřená ve dnech před 1. pracovištěm); (2)}$$

$$Z_D = \frac{FZ}{PS_D} = \frac{8}{5,15} = \underline{1,55 \text{ dní}} \text{ (zásoba vyjádřená ve dnech před 2. pracovištěm); (3)}$$

kde: Z_D = zásoba mezi jednotlivými pracovišti vyjádřená ve dnech [dny],
 FZ = spočítaná fyzická zásoba před pracovištěm [ks].

Na spodní část časové linie se zaznamenají cyklové časy jednotlivých operací a na úplný konec časové linie se vypočítá součet stavu všech fyzických zásob vyjádřených ve dnech a součet všech cyklových, respektive procesních časů (procesní čas je celkový čas procesu, kdy se obrábí více součástí najednou a tedy nepřepočítává se na jeden kus jako čas cyklový). Součet všech zásob mezi jednotlivými stroji vyjádřených ve dnech je 38,44 dní a součet všech procesních časů je 226,95 minut, což jsou hodnoty v rámečku na konci časové linie, které jsou zobrazeny na Obr. 31 (tyto hodnoty jsou vypočteny z konečného diagram VSM, který je k nahlédnutí v Příloze E). Všechny zmíněné údaje jsou potřeba k výpočtu PDV a indexu přidané hodnoty, což jsou nejdůležitější údaje, které lze z VSM vyčíst. Průběžná doba výroby se tedy vypočítá dle následujícího vztahu:

$$PDV_{VSM} = SZ_D + \frac{SP_M}{PM_S} = 38,44 + \frac{226,95}{450} = \underline{38,94 \text{ dní}} ; \quad (4)$$

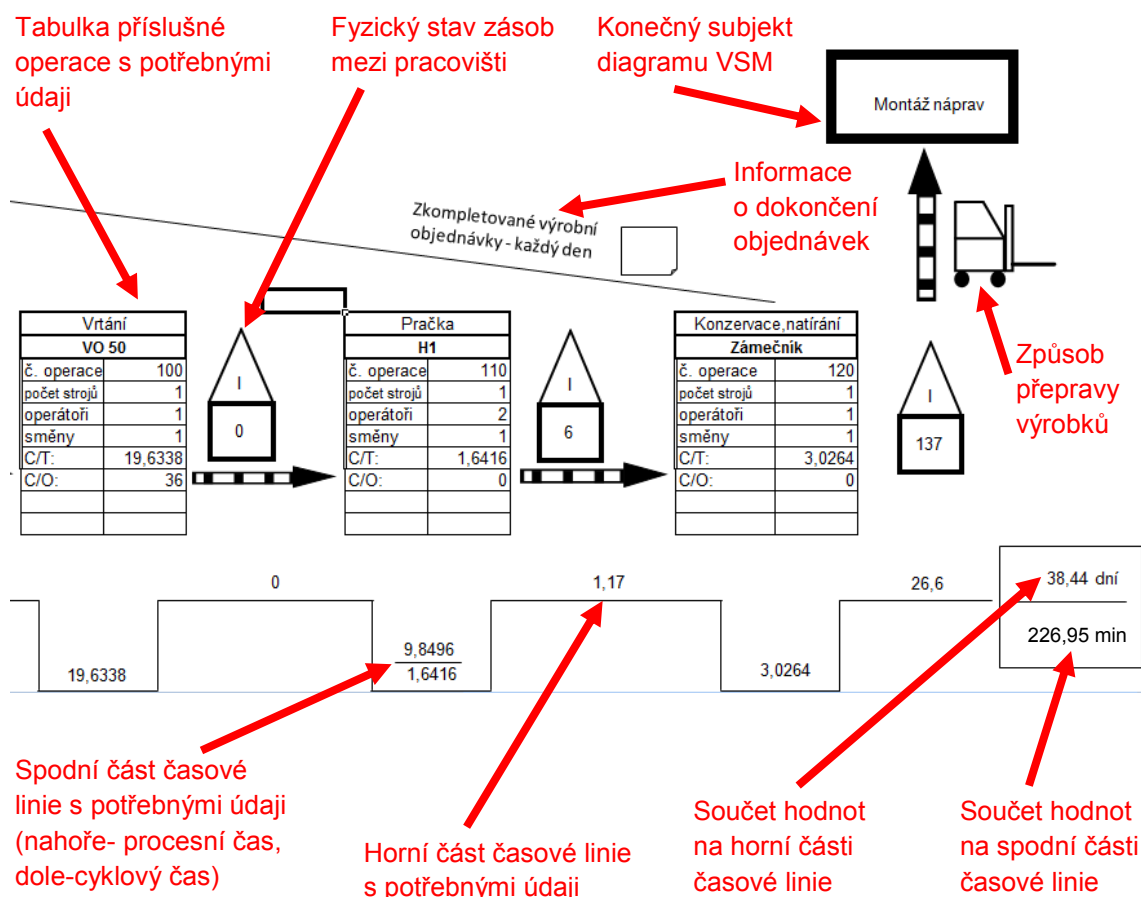
kde: PDV_{VSM} = průběžná doba výroba vypočítaná z VSM [dny], SZ_D = součet všech zásob mezi jednotlivými stroji [dny], SP_M = součet všech procesních časů [min], PM_S = počet minut, které má pracovník za směnu k dispozici [min].

Index přidané hodnoty se pak stanoví dle vztahu:

$$PH_{VSM} = \frac{SP_M}{PDV_{VSM} * PM_S} * 100 = \frac{226,95}{38,94 * 450} * 100 = \underline{1,3\%} ; \quad (5)$$

kde: PH_{VSM} = index přidané hodnoty vypočítaný z VSM [%].

Jako ukázka z diagramu VSM byl zvolen výřez (viz Obr. 31), na kterém budou zvýrazněny a popsány všechny důležité informace, které jsou k pochopení tohoto diagramu potřeba (černou barvou je znázorněn samotný diagram VSM a červenou barvou jsou znázorněny všechny popisky a vysvětlivky). Ve výřezu jsou zobrazeny jak tabulky jednotlivých operací, výše zásob mezi pracovišti, způsob přepravy výrobků, tak i hodnoty, které se zobrazují na časovou linii. V pravém dolním rohu je pak znázorněn součet všech hodnot na horní, respektive spodní části časové linie. Všechny značky a použité symboly jsou uvedeny v Příloze A.



Obr. 31 Výřez z diagramu VSM

Jelikož index přidáné hodnoty vyšel jako velmi nízké číslo a průběžná doba výroby také neodpovídá představám vedoucích pracovníků, je potřeba navrhnout určitá opatření, která by obě výše zmíněné hodnoty přiblížila optimálnímu stavu. Tyto opatření se do diagramu VSM zaznamenávají jinou barvou ve formě hvězd nebo obláčků, které se umísťují do blízkosti místa, kde by měly být implementovány.

Jako první návrh na zefektivnění výroby se zavede jednokusový tok materiálu mezi prvními třemi pracovišti, kdy dávka dovezená před první pracoviště bude probíhat mezi dvěma soustruhy a obráběcím centrem metodou One Piece Flow – za předpokladu převedení výroby ze svislého soustruhu SKJ 12A na svislý soustruh Weisser Verthor H-1R (viz nový návrh Spaghetti diagramu v Příloze J). Další návrh na zefektivnění výroby, je převedení výroby ozubení (včetně následného odmaštění) do stejné haly, kde se provádějí všechny další operace. To se provede tak, že se stroj na výrobu ozubení přemístí do blízkosti pracovišť, na nichž se provádí operace bezprostředně před výrobou ozubení (rozpracováno v kapitole 8.4.3 – stanovení PDCA cyklu) a následné odmaštění se místo pračky DOS 2/A bude provádět v pračce H1, která se již nachází v obrobne dílů podvozků a náprav, kde by nakonec měly být všechny stroje, které jsou potřebné k výrobě vybraného otočného čepu umístěny.

Výše zmíněná opatření pak povedou k tomu, že mezi dalšími pracovišti bude zaveden systematický odběr materiálu pomocí systému FIFO s maximálním počtem dávky 6 ks, protože to je maximální počet otočných čepů, který se může přepravovat v jedné manipulační jednotce, čili v jedné kovové bedně. Navíc také při odmašťování se najednou oplachuje 6 ks, což vyhovuje tomuto navrženému opatření. Jednokusový tok materiálu zde nemůže být zaveden, protože pracoviště nejsou umístěna vedle sebe v těsné blízkosti a obrobky jsou samy o sobě velmi těžké a k manipulaci s nimi je potřeba jeřábu.

Jako poslední návrhy na zefektivnění výroby jsou zavedení Metody 5S na šesté až osmé operaci (z důvodu snadnějšího přístupu k nářadí a přípravkům) a implementace TPM na obráběcím centru MCFV 1260, protože toto zařízení je nezbytné pro výrobu všech typů otočných čepů. Skladování hotových výrobků bude stejné jako doposud na předem určeném místě v hale (viz nový návrh Spaghetti diagramu v Příloze J). Odběr hotových výrobků z tohoto místa bude řízen požadavky montáže náprav, avšak na proces obrábění to nebude mít vliv, protože místo, kde se hotové výrobky skladují, má dostatečnou kapacitu.

Jako poslední se v diagramu VSM sepisuje tzv. sumář, kde se zapisuje takt linky (pokud se v taktu vyrábí), množstevní plán na daný rok, celkové procesní a cyklové časy, náklady na jeden výrobek, průběžná doba výroby, počet operátorů na všechny stroje dohromady, počet technologicky podobných součástí a délka transportu obrobku během celého výrobního procesu. Kompletní diagram VSM pro otočný čep typu 442021110844 je znázorněn v Příloze E.

7.3 Spaghetti diagram

Při mapování současného stavu pomocí Spaghetti diagramu budou použity celkem 3 diagramy, protože vybraný představitel otočných čepů se vyrábí ve 2 halách a také je potřeba znázornit transport mezi oběma halami. V jednotlivých diagramech je pomocí čar s šipkami znázorněn tok obrobku skrz jednotlivá pracoviště (popřípadě mezi halami) a díky přiloženému měřítku je také celá trasa změřena.

Spaghetti diagram obrobny dílů podvozků a náprav

V tomto diagramu (viz Příloha G) je pomocí oranžových čar s šipkami znázorněn tok obrobku (otočný čep 442021110844) od vstupu do haly, přes průchod jednotlivými pracovišti až po výstup obrobku z haly ven. Dále je zde znázorněn průtok obrobku od návratu z druhé haly až po jeho kompletní dokončení. Na mapě haly jsou modře

znázorněny číslicově řízené stroje a zeleně manuálně řízené stroje. Černě jsou zde znázorněny všechny ostatní objekty, jako jsou palety s materiálem, uličky mezi pracovišti, jeřáby, dveře, apod. Číslicemi v kruhu příslušné barvy je zde také znázorněno, kde se nachází stroje, na nichž se provádějí jednotlivé operace.

Polotovary přivezené do skladovacího prostoru v blízkosti vjezdu do haly, se v bednách po šesti kusech pomocí vysokozdvížného vozíku přemístí před první pracoviště, kde začíná proces obrábění. Na jednotlivých pracovištích si pracovníci pomáhají ke zdvihu obrobku jeřábem vzhledem k jeho váze. Mezi pracovišti se obrobky přemísťují v bednách maximálně po šesti kusech pomocí vysokozdvížného vozíku. Po dokončení operace č. 3 se obrobky převážejí buď rovnou do další haly, nebo se skladují nedaleko výjezdových vrat. Po návratu z druhé haly se obrobky mezi operacemi č. 6 a č. 7 přemísťují pomocí jeřábu a dále pomocí vysokozdvížného vozíku až k poslední operaci a následnému převezení do skladovacího prostoru pro hotové výrobky. Délka transportu otočného čepu typu 442021110844 v této hale je 392,6 m. Pro ukázkou rozdílu výroby mezi jednotlivými typy otočných čepů, je v tomto Spaghetti diagramu ještě znázorněn průtok otočného čepu, na kterém se nevyrábí ozubení a je zhotoven pouze v této hale. Jedná se o typ T002743 a jeho trasa je znázorněna červenými čarami se šipkami. Délka celkového transportu otočného čepu typu T002743 mezi jednotlivými pracovišti je 185,56 m. Délka transportu obou druhů čepů v této hale je zaznamenána příslušnými barvami v blízkosti razítka. Spaghetti diagram obrobny dílů podvozků a náprav je znázorněn v Příloze G.

Spaghetti diagram transportu mezi výrobními halami

Obrobky se mezi oběma výrobními halami převážejí buď pomocí vysokozdvížných vozíků z třetí operace rovnou ke čtvrté operaci po 6-ti kusech nebo pomocí multikár od vrat jedné haly k vratům druhé haly po více kusech. Transport mezi objektem 370 (hala pro výrobu podvozků a náprav) a objektem 330/6 (obrobna dílů motorů a převodů) je ve Spaghetti diagramu znázorněn oranžovou barvou. Délka tohoto transportu určená dle přiloženého měřítka je $2 \cdot 467,47$ m a je taktéž zaznamenána v pravém horním rohu Spaghetti diagramu transportu mezi výrobními halami (viz Příloha H) oranžovou barvou.

Spaghetti diagram obrobny dílů motorů a převodů

V této dílně se obrobky pomocí vysokozdvížného vozíku převezou od vjezdových vrat až před operaci č. 4 (výroba ozubení) v bednách po 6-ti kusech. Po dokončení této se obrobky opět pomocí vysokozdvížného vozíku přemístí k operaci č. 5 (odmaštění) a po jejím dokončení rovnou zpět do haly pro výrobu podvozků a náprav na předem

určené místo do blízkosti operace č. 6. Průtok obrobků přes tuto výrobní halu je znázorněn oranžovou čarou se šipkami (číslíce v kruhu znamenají pořadí jednotlivých operací). Délka transportu je 229,1 m a je taktéž zaznamenána oranžovou barvou ve spodní části Spaghetti diagramu obrobny dílů motorů a převodů (viz Příloha I). Celková délka transportu otočného čepu typu 442021110844 napříč výrobním procesem se vypočte jako součet délky transportů v jednotlivých Spaghetti diagramech a to je celkem 1556,64 m ($392,6 + 467,47 + 467,47 + 229,1 = 1556,64$ m).

7.4 Multi-momentová studie

Multi-momentová studie (viz Tab. 3) je sestavena pro otočný čep typu 442021110844 za ranní směnu v úterý 11. 3. 2014 (přestávka 10:00 – 10:30). Informace o způsobu vyplňování následující tabulky jsou uvedeny v teoretické části této práce (stroje jsou v tabulce řazeny podle sledu operací).

Tab. 3 Multi-momentová studie pro otočný čep typu 442021110844

Otočný čep č. 442021110844		Počáteční časy jednotlivých obchůzek								
		6:20	6:55	7:45	8:50	9:40	10:45	11:25	12:35	13:25
Stroje	Weisser Verthor H-1R									
	SKJ 12A									
	MCFV 1260 (1)									
	OHA 50A									
	DOS 2/A									
	BHU 40A/1000									
	SU 50A									
	MCFV 1260 (2)									
	VO 50									
	H1									
	Zámečník									

Z tabulky je možné vyčíst několik zásadních informací, jako například: v které části směny jsou stroje využívány nejvíce a kdy nejméně, který stroj je celkově nejvíce a nejméně využíváný, kolik procent směny je daný stroj přibližně v provozu, apod.

Nejprve se stanoví, v jakých částech směny se stroje nejvíce, respektive nejméně využívaly. Z tabulky je zřejmý trend, kdy na začátku směny se stroje především seřizují nebo čekají na to, než se doveze materiál. V průběhu první poloviny směny využití strojů roste a sestupný trend nastává zase v době, kdy se blíží přestávka na oběd. Po obědě jsou stroje využívány nejvíce v průběhu celé směny, ale ke konci směny procento jejich využívání opět klesá.

Podle výsledků multi-momentové studie byl nejvytíženějším strojem za danou směnu stroj Weisser Verthor H-1R (7 polí zelené barvy). Je to především proto, že operace na tomto stroji má relativně krátkou dobu seřizování (18 minut) a poměrně dlouhý cyklový čas (36 minut), a proto se tento stroj jeví jako nejvíce vytěžovaný. Naopak nejméně vytěžovaným strojem se stalo obráběcí centrum MCFV 1260 (2), na kterém se provádí operace č. 9 (pouze 4 pole zelené barvy). Výsledek je takový vzhledem k tomu, že operace na tomto stroji má poměrně krátký cyklový čas (7,1 minut) a dlouhý čas seřizování (60 minut). Navíc je zde obtížná a častá manipulace s obrobky, což také vytížení stroje snižuje.

Následuje výpočet procentuálního vyjádření času, kdy byly stroje ve směně v chodu, kdy byly seřizovány a kdy byly v nečinnosti.

Výpočet času směny, kdy jsou stroje v chodu:

$$T_{CH} = \frac{P_Z}{P_P} * 100 = \frac{61}{99} * 100 = \underline{61,62\%}; \quad (6)$$

kde: P_Z = celkový počet zelených polí a P_P = celkový počet všech polí.

Výpočet času směny, kdy jsou stroje v nečinnosti:

$$T_N = \frac{P_C}{P_P} * 100 = \frac{26}{99} * 100 = \underline{26,26\%}; \quad (7)$$

kde: P_C = celkový počet červených polí a P_P = celkový počet všech polí.

Výpočet času směny, kdy jsou stroje ve fázi seřizování:

$$T_S = \frac{P_{ZL}}{P_P} * 100 = \frac{12}{99} * 100 = \underline{12,12\%}; \quad (8)$$

kde: P_{ZL} = celkový počet žlutých polí a P_P = celkový počet všech polí.

Výsledky multi-momentové studie nemohou být nikdy zcela přesné, protože jde o statistickou metodu. Ale čím vícekrát v průběhu směny se stroje zkontrolují, tím budou výsledky přesnější. Výsledky této multi-momentové studie alespoň rámcově ukazují, jak jsou jednotlivé stroje využívány, či nikoliv. Ve výrobním procesu otočných čepů ovlivňuje výsledky především čas, který je nutný k obchůzce všech strojů. Ta trvá přibližně 20-25 minut, což znemožňuje dostatečný počet obchůzek na to, aby se dalo s jistotou říci, do jaké míry jsou jednotlivé stroje využívány. Přesto jde o metodu, která své uplatnění v praxi má a v některých výrobních procesech se jedná dokonce o nejpoužívanější metodu, která vyjadřuje využívání strojů ve výrobním procesu.

7.5 Metoda Bar Chart

U metody Bar Chart (sloupcový graf) se vychází z dostupného času, který bude možné využít k práci v následujícím roce, z předpokládané poptávky na zvolenou součást a především pak z obráběcích časů na jednotlivých strojích. Všechny tyto nezbytně nutné údaje se zpracují do tabulky a následně do grafu, kde by se délka trvání jednotlivých operací měla blížit k přímce, jež znázorňuje takt výroby, který je potřeba k tomu, aby podnik vyrobil v daném období požadovaný počet kusů.

V roce 2014 je k dispozici 252 pracovních dnů (340200 minut) a poptávka po otočných čepech, které vyrábí podnik TATRA TRUCKS a.s. je 1298 kusů. Všechny další důležité informace budou shrnuty v následující tabulce (viz Tab. 4).

Tab. 4 Údaje potřebné k sestavení Bar Chart

Číslo operace	Dostupný čas [min]	Poptávka [ks]	Čas opracování/ programu [min]	Čas nakládání/ vykládání [min]	TT tři směny [min]	TT dvě směny [min]	TT jedna směna [min]
1	340200	1298	25,10	3,70	262,10	174,43	87,37
2	340200	1298	20,10	3,90	262,10	174,43	87,37
3	340200	1298	24,16	3,54	262,10	174,43	87,37
4	340200	1298	24,41	2,85	262,10	174,43	87,37
5	340200	1298	1,24	0,65	262,10	174,43	87,37
6	340200	1298	6,3	3,72	262,10	174,43	87,37
7	340200	1298	6,3	3,72	262,10	174,43	87,37
8	340200	1298	9,64	3,95	262,10	174,43	87,37
9	340200	1298	3,39	3,18	262,10	174,43	87,37
10	340200	1298	13,57	4,10	262,10	174,43	87,37
11	340200	1298	0,76	0,72	262,10	174,43	87,37
12	340200	1298	1,52	1,20	262,10	174,43	87,37

Na jednotlivých operacích je dostupný čas v minutách pro rok 2014 stejný, protože se Bar Chart sestavuje pouze pro otočné čepy, a proto se neberou v úvahu další výrobky, které se na daných strojích obrábějí. Poptávka na jednotlivé stroje se řídí podle součásti, která prochází nejvíce operacemi, a tou je otočný čep typu 442021110844 (zvolený představitel). Časy samotného opracování, respektive délky chodu programu, byly u každé operace 10x fyzicky změřeny na pracovišti a poté zprůměrovány do jedné hodnoty, která byla zapsána do tabulky. Stejně bylo provedeno získání dat k času nakládání, respektive vykládání, kdy se do tohoto času zahrnuje veškerá manipulace s obrobkem od jeho uchopení, upnutí do stroje až po jeho položení zpět do bedny s dalšími obrobky. Veličina TT (Takt Time), která je uvedena v Tab. 4, v tomto případě znamená, jak dlouho může maximálně trvat výrobu jednoho kusu, aby se za dané období stihl vyrobit požadovaný počet součástí určitého typu. Časy taktu na jednu, dvě a tři směny byly získány dle následujících vztahů:

$$TT_{3S} = \frac{DC_R}{P_R} = \frac{340200}{1298} = \underline{262,10 \text{ min}} ; \quad (9)$$

kde: TT_{3S} = čas taktu pro výrobu ve 3 směnách [min], DC_R = dostupný čas k výrobě na rok 2014 [min], P_R = poptávka na otočné čepy pro rok 2014 [ks].

$$TT_{2S} = TT_{3S} * \frac{2}{3} = 262,10 * \frac{2}{3} = \underline{174,73 \text{ min}} ; \quad (10)$$

kde: TT_{2S} = čas taktu pro výrobu ve 2 směnách [min].

$$TT_{1S} = TT_{3S} * \frac{1}{3} = 262,10 * \frac{1}{3} = \underline{87,37 \text{ min}} ; \quad (11)$$

kde: TT_{1S} = čas taktu pro výrobu v 1 směně [min].

Po vyhodnocení a zpracování všech těchto informací je možné sestavit samotný graf Bar Chart (viz Příloha F), který již ukazuje určité problémy, které bude nutno vyřešit návrhem určitých opatření, které současný stav zlepší nebo jej určitým způsobem upraví. Prvním viditelným problémem je to, že délka trvání jednotlivých operací není stejná, ani podobná. Číslicově řízené stroje a stroj k výrobě ozubení mají operace podstatně delší než ostatní stroje. Je to způsobeno tím, že tyto stroje jsou univerzální a lze na nich dělat mnoho operací a tím se prodlužuje čas, který na nich obrobek stráví. Naopak u jednoúčelových strojů, které umí jen určitý typ operace, je doba, kterou na nich obrobky stráví poměrně krátká. Druhým viditelným a dosti závažným problémem je to, že stroje budou málo vytížené, i kdyby se vyrábělo pouze na 1 směnu. Proto je potřeba navrhnout určitá opatření, která by současnou situaci zlepšila nebo úplně vyřešila. Tyto opatření by se měla implementovat do výrobního procesu a poté by měl být vyhodnocen jejich přínos.

K vyřešení problémové situace byly zvoleny následující návrhy:

- 1) Za předpokladu, že se bude vyrábět na jednu směnu, převést na nevytížené stroje další zakázky a to tím způsobem, že se do číslicově řízených strojů nahrají programy na opracování i jiných součástí než jsou otočné čepy a po vyrobení určité dávky otočných čepů denně se budou vyrábět i jiné výrobky. Stroje, které nejsou číslicově řízené, budou po vyrobení denní dávky otočných čepů obsluhovat pracovníci, kteří zde umějí vyrábět i jiné výrobky než otočné čepy. Stroje určené k odmašťování budou obsluhovány stále stejnými pracovníky, kteří jen budou zpracovávat jiný sortiment součástí.
- 2) Jako druhý návrh řešení je možné redukovat počet strojů potřebných k výrobě otočných čepů. Některé programy na opracování smazat a jejich obsah převést do jiných programů tak, aby se jejich délka blížila k přímce taktu výroby na jednu směnu. Pokud je to možné, z jednoúčelových strojů převést výrobu na číslicově řízené stroje a opět upravit programy na opracování. Jednoúčelové stroje, u kterých to nejde, budou v čase, kdy nevyrábí otočné čepy, vyrábět jiný sortiment součástí (platí i pro odmašťovací stroje).
- 3) Poslední návrh řešení je vyrábět otočné čepy nepřetržitě až do uspokojení poptávky na rok 2014 (1298 ks). Po vyrobení tohoto množství se začne vyrábět jiný sortiment součástí, které lze na daných strojích vyrobit. Nepřetržitá výroba 1298 kusů otočných čepů na 1 směnu by dle odborného odhadu trvala necelé 3 měsíce. Po vyrobení tohoto množství by se začal vyrábět jiný sortiment součástí, které lze na daných strojích vyrobit (bubny, náboje, ...). Pořadí výroby jednotlivých druhů sortimentu by se určilo dle priorit montáže náprav.

7.6 Metoda OEE

Pomocí metody OEE se zjistí celková efektivita strojů, které se používají k výrobě otočných čepů. Během jedné směny bylo vypočteno OEE na dvou strojích, které jsou pro výrobu otočných čepů velmi důležité. Jedná se o soustruh Weisser Verthor H-1R a obráběcí centrum MCFV 1260. Jelikož sortiment otočných čepů byl pro dané období již vyroben, byla celková efektivita daných strojů vypočtena u velmi podobných součástí, kterými jsou náboje předního, respektive zadního kola. Stejně jako otočné čepy se tyto součásti používají na nápravách automobilů Tatra a jejich pracnost je obdobná. U obou strojů se s náboji, vzhledem k jejich hmotnosti, manipuluje pouze pomocí konzolového jeřábu.

Výpočet OEE pro soustruh Weisser Verthor H-1R (Operace č. 1)

U tohoto soustruhu bylo vypočteno OEE pro první polovinu směny, tzn. od 6 do 10 hodin. Aby mohlo být OEE vypočteno, sestrojí se tabulka, do které se zapisují všechny činnosti, které operátor provádí a doby jejich trvání. Také se zde zapisuje, jestli byla činnost prováděna za chodu nebo za klidu stroje. V následující tabulce (viz Tab. 5) jsou zapsána všechna zjištěná data za první polovinu směny, ze kterých bude následně OEE pro daný stroj vypočteno. Obrobkem je v tomto případě náboj zadního kola.

Tab. 5 Soubor dat pro výpočet OEE (Weisser Verthor H-1R)

	Začátek činnosti	Konec činnosti	Stroj v chodu	Stroj v klidu	Činnost
1.	6:00	6:15	-	X	Studování dokumentace
2.	6:15	6:25	-	X	Chystání náradí
3.	6:25	6:29	-	X	Vložení 1. kusu do stroje
4.	6:29	6:33	X	-	Nastavení programu
5.	6:33	6:40	X	-	Seřízení stroje na 1. kus
6.	6:40	6:49	-	X	Seřízení stroje na 1. kus
7.	6:49	7:20	X	-	Seřízení stroje na 1. kus
8.	7:20	7:25	-	X	Seřízení stroje na 1. kus
9.	7:25	7:28	X	-	Soustružení
10.	7:28	7:32	-	X	Výměna kusů
11.	7:32	7:38	X	-	Soustružení
12.	7:38	7:42	-	X	Výměna kusů
13.	7:42	7:44	X	-	Soustružení
14.	7:44	7:47	-	X	Úprava programu
15.	7:47	7:51	X	-	Soustružení
12.	7:51	7:56	-	X	Výměna kusů
13.	7:56	8:02	X	-	Soustružení
14.	8:02	8:06	-	X	Výměna kusů
15.	8:06	8:12	X	-	Soustružení
16.	8:12	8:18	-	X	Výměna kusů
17.	8:18	8:24	X	-	Soustružení
18.	8:24	8:28	-	X	Výměna kusů
19.	8:28	8:34	X	-	Soustružení

20.	8:34	8:38	-	X	Výměna kusů
21.	8:38	8:44	X	-	Soustružení
22.	8:44	8:49	-	X	Výměna kusů
23.	8:49	8:55	X	-	Soustružení
24.	8:55	8:59	-	X	Výměna kusů
25.	8:59	9:05	X	-	Soustružení
26.	9:05	9:09	-	X	Výměna kusů
27.	9:09	9:15	X	-	Soustružení
28.	9:15	9:20	-	X	Výměna kusů
29.	9:20	9:26	X	-	Soustružení
30.	9:26	9:30	-	X	Výměna kusů
31.	9:30	9:36	X	-	Soustružení
32.	9:36	9:40	-	X	Výměna kusů
33.	9:40	9:46	X	-	Soustružení
34.	9:46	9:50	-	X	Výměna kusů
35.	9:50	9:56	X	-	Soustružení
36.	9:56	10:00	-	X	Očištění stroje

Důležité je všechna data v tabulce správně rozebrat a vyhodnotit. Jako první se určí celkový plánovaný pracovní čas, který za půl směny činí 240 minut. Plánovaný čas pro výrobu, čili čas s plánovanými prostoji je 220 minut. Odečtených 20 minut jsou prostoje z hygienických důvodů (5 minut), čas na očištění stroje (5 minut) a čas na seznámení se s plánem výroby (10 minut). Skutečný čas výroby se určí z tabulky podle sloupce *Stroj v chodu* a činí v tomto případě 129 minut. Očekávaný výkon stroje se určí dle plánovaného času na výrobu (220 min) a optimálního času pro výrobu jednoho kusu, což podle technologického postupu činí u dané operace na tomto stroji 7,2 minut. Očekávaný výkon stroje za sledované období se pak vypočte dle vztahu:

$$P_{OC} = \frac{T_P}{T_{OPT}} = \frac{220}{7,2} = 30,56 \text{ ks} \doteq \underline{30 \text{ ks}} ; \quad (12)$$

kde: T_P = plánovaný čas na výrobu [min] a T_{OPT} = optimální čas pro výrobu jednoho kusu [min].

Skutečný výkon stroje se pak určí z tabulky, kde každý vyrobený kus je označen písmenem X ve žlutém poli. Podle tabulky je skutečný výkon stroje za půlku směny 15 ks. Nakonec zbývá určit jaký je podíl správně a nesprávně vyrobených kusů. V tomto případě stroj neudělal ani jeden zmetek, a proto jak skutečná, tak očekávaná kvalita činí 100%, čili 15 dobrých kusů. Přehledně jsou všechny potřebné údaje znázorněny v následující tabulce (viz Tab. 6).

Tab. 6 Přehled veličin pro výpočet OEE (Weisser Verthor H-1R)

Označení veličiny	Název veličiny	Hodnota veličiny	Ztráty
	Celkový plánovaný pracovní čas	240 min	
A	Plánovaný čas pro výrobu	220 min	
B	Skutečný čas chodu stroje	129 min	91 min
C_P	Očekávaný výkon	30 ks	
D_P	Skutečný výkon	15 ks	15 ks
E_Q	Očekávaná kvalita	15 ks	
F_Q	Skutečná kvalita	15 ks	0%

Pro vyhodnocení těchto dat a výpočet OEE budou použity všeobecně známé vztahy, které jsou podrobně popsány v teoretické části této práce.

Výpočet koeficientu využití stroje:

$$K_{VYU} = \frac{B}{A} = \frac{129}{220} = 0,58 . \quad (13)$$

Výpočet výkonového koeficientu stroje:

$$K_{VYK} = \frac{(D_P * T_{OPT})}{B} = \frac{(15 * 7,2)}{129} = 0,84 . \quad (14)$$

Výpočet koeficientu kvality stroje:

$$K_{KVAL} = \frac{F_Q}{E_Q} = \frac{15}{15} = 1. \quad (15)$$

Výpočet OEE:

$$OEE = K_{VYU} * K_{VYK} * K_{KVAL} * 100 = 0,58 * 0,84 * 1 * 100 = \underline{48,86 \%} . \quad (16)$$

Výpočet OEE pro obráběcí centrum MCFV 1260 (Operace č. 3)

U obráběcího centra bylo vypočteno OEE pro druhou polovinu směny, tzn. od 10 do 14 hodin. Operátor zde obsluhoval souběžně dva stroje (stejně jako při výrobě otočných čepů), a proto jsou následující získaná data taktéž zcela přesná. Obrobkem je v tomto případě náboj předního kola. V následující tabulce (viz Tab. 7) jsou zapsány všechny zjištěné informace za druhou polovinu směny, ze kterých bude následně OEE pro daný stroj vypočteno.

Tab. 7 Soubor dat pro výpočet OEE (MCFV 1260)

	Začátek	Konec	Stroj v chodu	Stroj v klidu	Činnost
1.	10:00	10:30	-	X	Přestávka na oběd
2.	10:30	10:32	-	X	Výměna kusů
3.	10:32	10:36	X	-	Vyvrtní 1. díry
4.	10:36	10:41	X	-	Vyvrtní ostatních děr
5.	10:41	10:42	-	X	Výměna kusů
6.	10:42	10:46	X	-	Vyvrtní 1. díry
7.	10:46	10:51	X	-	Vyvrtní ostatních děr
8.	10:51	10:52	-	X	Výměna kusů
9.	10:52	10:56	X	-	Vyvrtní 1. díry
10.	10:56	11:01	X	-	Vyvrtní ostatních děr
11.	11:01	11:03	-	X	Výměna kusů
12.	11:03	11:07	X	-	Vyvrtní 1. díry
13.	11:07	11:12	X	-	Vyvrtní ostatních děr
14.	11:12	11:13	-	X	Výměna kusů
15.	11:13	11:17	X	-	Vyvrtní 1. díry
12.	11:17	11:22	X	-	Vyvrtní ostatních děr
13.	11:22	11:23	-	X	Výměna kusů
14.	11:23	11:27	X	-	Vyvrtní 1. díry
15.	11:27	11:32	X	-	Vyvrtní ostatních děr
16.	11:32	11:33	-	X	Výměna kusů
17.	11:33	11:37	X	-	Vyvrtní 1. díry
18.	11:37	11:42	X	-	Vyvrtní ostatních děr
19.	11:42	11:44	-	X	Výměna kusů
20.	11:44	11:48	X	-	Vyvrtní 1. díry
21.	11:48	11:53	X	-	Vyvrtní ostatních děr
22.	11:53	11:54	-	X	Výměna kusů
23.	11:54	11:58	X	-	Vyvrtní 1. díry
24.	11:58	12:03	X	-	Vyvrtní ostatních děr
25.	12:03	12:04	-	X	Výměna kusů

26.	12:04	12:08	X	-	Vyvrtní 1. díry
27.	12:08	12:13	X	-	Vyvrtní ostatních děr
28.	12:13	12:14	-	X	Výměna kusů
29.	12:14	12:18	X	-	Vyvrtní 1. díry
30.	12:18	12:23	X	-	Vyvrtní ostatních děr
31.	12:23	12:25	-	X	Výměna kusů
32.	12:25	12:29	X	-	Vyvrtní 1. díry
33.	12:29	12:34	X	-	Vyvrtní ostatních děr
34.	12:34	12:35	-	X	Výměna kusů
35.	12:35	12:39	X	-	Vyvrtní 1. díry
36.	12:39	12:44	X	-	Vyvrtní ostatních děr
37.	12:44	12:45	-	X	Uložení kusu do palety
38.	12:45	13:30	-	X	Přeřazení pracovníka na jiný stroj z důvodu nedostatku materiálu
39.	13:30	13:50	-	X	Provádění údržby stroje
40.	13:50	14:00	-	X	Úklid pracoviště

Celkový plánovaný pracovní čas, který za půl směny činí 240 minut. Plánovaný čas pro výrobu, čili čas s plánovanými prostoji je 190 minut. Odečtených 50 minut jsou prostoje z hygienických důvodů (5 minut), čas na údržbu stroje (5 minut), čas na úklid pracoviště (10 minut) a přestávka na oběd (30 minut). Skutečný čas výroby se určí z tabulky podle sloupce *Stroj v chodu* a činí v tomto případě 117 minut. Očekávaný výkon stroje se určí dle plánovaného času na výrobu (190 min) a optimálního času pro výrobu jednoho kusu, což podle technologického postupu činí u dané operace na tomto stroji 7,8 minut. Očekávaný výkon se pak vypočte dle vztahu:

$$P_{OC} = \frac{T_P}{T_{OPT}} = \frac{190}{7,8} = 24,36 \text{ ks} \doteq \underline{24 \text{ ks}}; \quad (17)$$

kde: T_P = plánovaný čas na výrobu [min] a T_{OPT} = optimální čas pro výrobu jednoho kusu [min].

Skutečný výkon stroje se pak určí z tabulky, kde každý vyrobený kus je označen písmenem X ve žlutém poli. Podle tabulky je skutečný výkon stroje za půlku směny

13 ks. Nakonec zbývá určit jaký je podíl správně a nesprávně vyrobených kusů. V tomto případě stroj neudělal ani jeden zmetek, a proto jak skutečná, tak očekávaná kvalita činí 100%, čili 13 dobrých kusů. Přehledně jsou všechny potřebné údaje znázorněny v následující tabulce (viz Tab. 8).

Tab. 8 Přehled veličin pro výpočet OEE (MCFV 1260)

Označení veličiny	Název veličiny	Hodnota veličiny	Ztráty
	Celkový plánovaný pracovní čas	240 min	
A	Plánovaný čas pro výrobu	190 min	
B	Skutečný čas chodu stroje	117 min	73 min
C_P	Očekávaný výkon	24 ks	
D_P	Skutečný výkon	13 ks	11 ks
E_Q	Očekávaná kvalita	13 ks	
F_Q	Skutečná kvalita	13 ks	0%

Pro vyhodnocení těchto dat a výpočet OEE budou použity všeobecně známé vztahy, které jsou podrobně popsány v teoretické části této práce.

Výpočet koeficientu využití stroje:

$$K_{VYU} = \frac{B}{A} = \frac{117}{190} = 0,62 . \quad (18)$$

Výpočet výkonového koeficientu stroje:

$$K_{VYK} = \frac{(D_P * T_{OPT})}{B} = \frac{(13 * 7,8)}{117} = 0,87 . \quad (19)$$

Výpočet koeficientu kvality stroje:

$$K_{KVAL} = \frac{F_Q}{E_Q} = \frac{13}{13} = 1 . \quad (20)$$

Výpočet OEE:

$$OEE = K_{VYU} * K_{VYK} * K_{KVAL} * 100 = 0,62 * 0,87 * 1 * 100 = \underline{53,37 \%} . \quad (21)$$

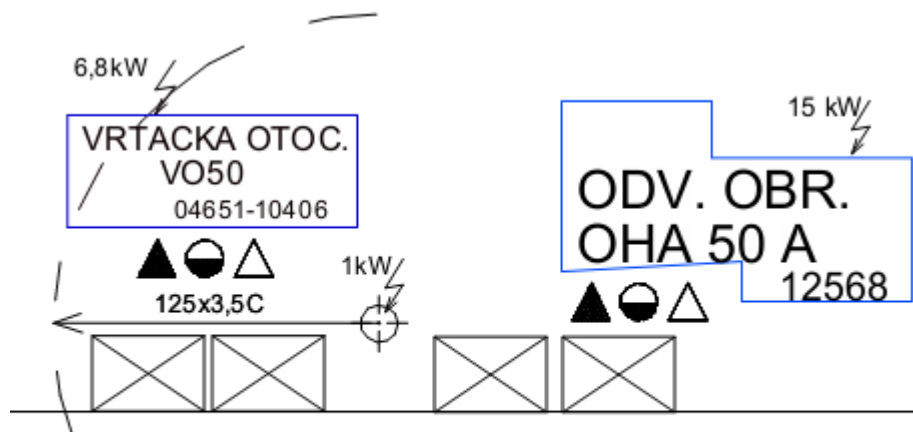
Podle získaných výsledků je možné určit, že vyšší celkové využití při výrobě otočných čepů (nábojů kol) má stroj MCFV 1260 na operaci č. 3. Je tomu tak hlavně proto, že na stroji MCFV 1260 jsou časy výměny kusů mnohem kratší než na stroji Weisser Verthor H-1R. Celkově lze ale říci, že využití obou strojů není dostatečné, a proto bude potřeba navrhnout v následující kapitole určitá racionalizační opatření.

8 Návrh racionalizačních opatření

Pro znázornění nově navrženého budoucího stavu je použit diagram VSD a Spaghetti diagram. Podkladem pro vytvoření těchto diagramů jsou návrhy na zefektivnění výroby, které jsou uvedeny v analýze současného stavu. Nedílnou součástí návržení efektivnějšího uspořádání pracovišť a zrychlení materiálového toku je také přemístění některých strojů do blízkosti většiny strojů potřebných k výrobě otočných čepů a také převedení výroby ze současných strojů na stroje jiné. Tímto problémem se zabývá re-layout dílny pro výrobu dílů podvozků a náprav, který tvoří základ pro zpracování výše uvedených diagramů. Postup zpracování metod pro návržení budoucího stavu je uveden v teoretické části, a proto je zde v jednotlivých podkapitolách uváděno podrobně pouze praktické řešení konkrétních situací. Všechny návrhy budoucího stavu jsou sestaveny pro představitele otočných čepů, kterým je již několikrát zmiňovaný typ 442021110844, který prochází nejvíce operacemi, a proto je možné dosáhnout poměrně vysokých úspor jak časových, tak samozřejmě i finančních.

8.1 Re-layout dílny

Re-layoutem se v tomto případě myslí samozřejmě přemístění určitých strojů, ale také převedení výroby ze strojů, kde se daný představitel otočných čepů vyráběl doposud na stroje, kde by se měl vyrábět po zavedení navržených opatření. Nejdůležitějším krokem pro zefektivnění procesu výroby otočných čepů je převedení kompletní výroby do jedné haly. To se uskuteční pomocí toho, že stroj OHA 50A (odvalovací obrážka) bude přemístěn z haly pro výrobu dílů motorů a převodů do haly pro výrobu dílů podvozků a náprav. Stroj bude umístěn do volného prostoru vedle svislé vrtačky VO 50 (viz Obr. 32), která se rovněž používá pro obrábění otočných čepů. Toto umístění je vhodné také z toho důvodu, že vedle vrtačky VO 50 je umístěn konzolový jeřáb, který bude možné využít také pro manipulaci s obrobky na stroji OHA 50A. Stroj nebude sice umístěn bezprostředně po předcházející operaci, ale to není možné, protože v hale není dostatek místa a na přemístění ostatních strojů by se musely vynaložit nemalé náklady a navíc by to způsobilo narušení výroby ostatních dílů. Následná operace odmaštění, která také probíhala ve vedlejší hale, se přesune na pračku H1, jejíž kapacity jsou dostačující, a může tuto operaci bez problému vykonat. Zavedením těchto opatření se kompletní výroba přesunula do jedné haly, což bylo hlavním cílem a celková dráha transportu výrobním procesem se výrazně zkrátila (přesněji rozepsáno v nově navrženém Spaghetti diagramu).

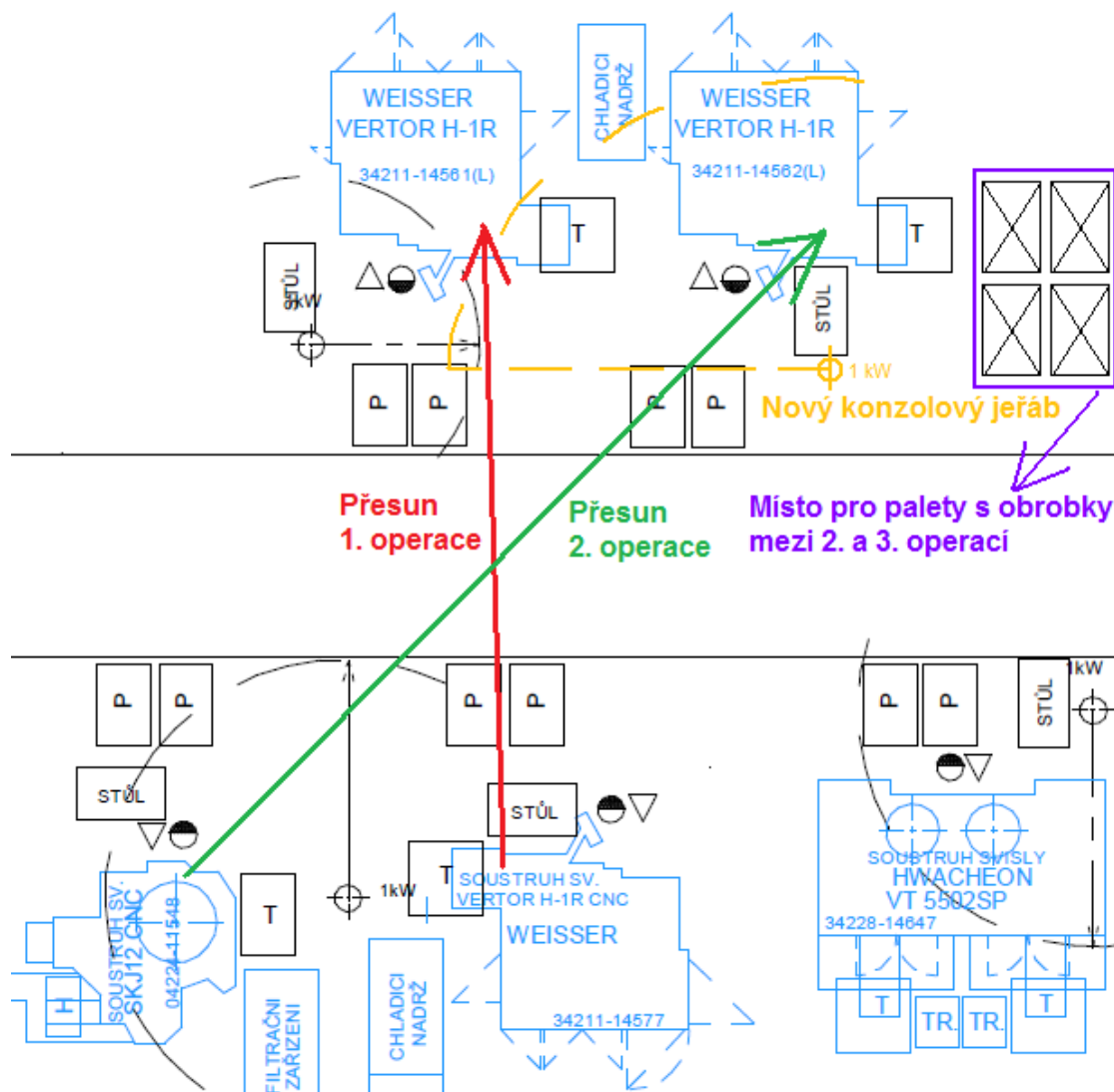


Ulička pro průjezd vysokozdvížných vozíků

Obr. 32 Nové umístění stroje OHA 50A

Nyní je potřeba převést výrobu z některých strojů na jiné stroje, aby mohl být alespoň v začátku výroby (mezi prvními třemi stroji) zaveden jednokusový tok materiálu. Konkrétně operace č. 1 se převede z CNC soustruhu Weisser Verthor H-1R (inventurní číslo 34211-14577) na CNC soustruh Weisser Verthor H-1R (inventurní číslo 34211-14561), který se nachází jen několik metrů vedle přes uličku. Operace č. 2 pak bude převedena ze svislého soustruhu SKJ 12A CNC (inventurní číslo 04224-11548) na soustruh Weisser Verthor H-1R (inventurní číslo 34211-14562), který se nachází také přes uličku těsně vedle soustruhu s inv. číslem 34211-14561. Toto převedení operací je možné, protože kapacity strojů, na kterých se bude výroba nově provádět, nejsou plně vytížené a nově přidělené operace časově bez problémů zvládnou. Charakter těchto strojů je obdobný jako strojů původních (všechno jsou to CNC soustruhy), a proto také nevznikne žádný problém s jednotlivými úkony v dílčích operacích. Jelikož u soustruhu Weisser Verthor H-1R (inventurní číslo 34211-14562) není instalován konzolový jeřáb, bude nutné zde tento jeřáb zabudovat, aby operátoři mohli bez problémů manipulovat s těžkými a objemnými výrobky typu otočných čepů. Tento konzolový jeřáb bude umístěn těsně vedle pracovního stolu příslušného soustruhu a délka jeho ramene bude 5 m. Tato délka byla zvolena z toho důvodu, aby jeřáb dosáhl na obrobky po operaci č. 1 uložené v paletách v blízkosti prvního stroje, měl v dosahu druhou operaci a také mohl obrobky po operaci č. 2 umístit do dosahu dalšího jeřábu. Místo pro palety s obrobky mezi 2. a 3. operací zůstane zachováno, avšak maximální počet palet s obrobky se zde sníží z 8 na 4. Z toho místa se pak budou dalším jeřábem odebírat obrobky pro operaci č. 3, čímž bude zajištěn jednokusový tok materiálu mezi prvními třemi stroji. Všechna navržená opatření, která byla sepsána v tomto odstavci, jsou důležitá pro aplikaci metody

One Piece Flow a jsou přehledně znázorněna na následujícím obrázku (viz Obr. 33), kterým je výřez z půdorysu haly pro výrobu dílů podvozků a náprav. Tento nově navržený stav je použit i v následující podkapitole při znázornění budoucího stavu pomocí Spaghetti diagramu.



Obr. 33 Navržená opatření pro možnost aplikace One Piece Flow

8.2 Spaghetti diagram

Základem pro nově sestavený Spaghetti diagram (viz Příloha J) je re-layout dílny pro výrobu dílů podvozků a náprav. Díky tomu, že se zde přemístil stroj OHA 50A z vedlejší haly a některé operace byly převedeny na jiné stroje, bylo možné výrazně zkrátit celkovou trasu, kterou otočný čep projde během výrobního procesu. Důležité bylo zavedení jednokusového toku mezi prvními třemi stroji a především pak uvolnění kratší spojovací cesty (v pravé části nového Spaghetti diagramu) dvou příčných lodí, čímž se upustilo od zbytečného objíždění celé příčné lodě.

Odlitky dovezené z dceřiné společnosti Tafonco a.s. se uloží v paletě po 6-ti kusech před první pracoviště, kterým je soustruh Weisser Verthor H-1R, kde se pomocí konzolového jeřábu vyzvednou do seřazeného stroje a tím začíná proces jejich obrábění. Po provedení operace č. 1 se obrobky přemístí do připravené palety, odkud si tyto díly operátor provádějící další operaci odebírá po jednom kuse. Po vložení obrobku do stroje a provedení operace č. 2 se součásti opět přemístí do připravených palet, odkud si je odebere operátor obsluhující obráběcí centrum MCFV 1260, na kterém se provádí operace č. 3. Manipulace s obrobky je víceméně stejná jako u předchozích strojů i následujících strojů a vzhledem k poměrně vysoké hmotnosti obrobku probíhá vždy pomocí konzolových jeřábů. Po dokončení operace č. 3 se obrobky umísťují do připravené palety, která se plní po 6-ti kusech.

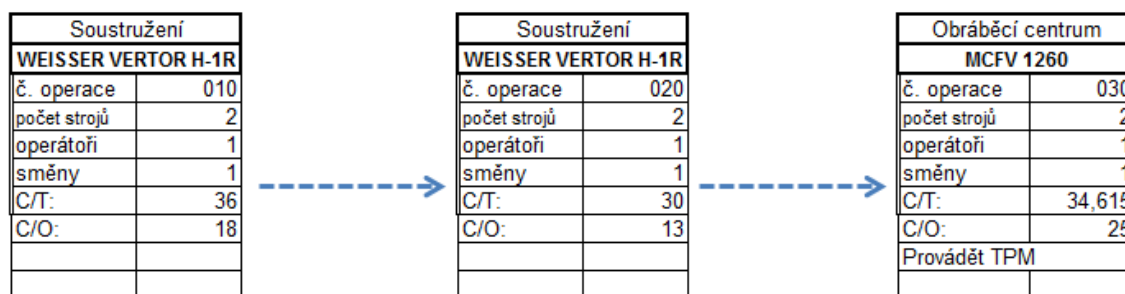
Když je do palety doložen poslední šestý kus, odveze vysokozdvizný vozík tuto paletu k operaci č. 4, kterou je výroba ozubení na nově umístěném stroji OHA 50A. Po obrobení šesti kusů se obrobky opět pomocí vysokozdvizného vozíku převezou k operaci č. 5, kterou je odmašťování na pračce H1. Když je dávka šesti kusů řádně odmaštěna a uložena v paletě, převezde se k pracovišti operace č. 6 až operace č. 9, kterými jsou broušení a válečkování. Dva operátoři zde obsluhují dva stroje, přičemž první z nich (na operaci broušení) vyzvedne obrobek pomocí jeřábu na brusku a po provedení dvou operací broušení se obrobek rovnou přesune z brusky na soustruh SU 50A, kde operátor provede operaci válečkování a uloží obrobený kus do připravené palety. Po naplnění palety šesti kusy, se převezde opět pomocí vysokozdvizného vozíku na operaci č. 9 k obráběcímu centru MCFV 1260, kde výroba probíhá obdobně jako u operace č. 3, která probíhala na vedlejším obráběcím centru stejného typu. Po dokončení operace se přesunou obrobky (v paletě po 6-ti kusech) k operaci č. 10, kterou je vrtání na svislé vrtačce VO 50. Zde opět probíhá výroba ve stejné formě jako u předchozích operací a po dokončení šesti kusů se obrobky převezou k závěrečnému odmaštění na pračce H1. Když poslední stroj ve výrobním procesu otočného čepu typu 442021110844 dokončí svou práci, přesunou se výrobky k poslední operaci, která už probíhá pouze na kontrolním stole, kde příslušný pracovník vizuálně zkontroluje stav daného obrobku, odstraní otřepy, případně opraví poškozený nátěr a určené plochy natře přípravkem proti korozi.

Kompletně hotové výrobky pak ukládá do připravených palet, čímž proces obrábění otočných čepů končí. Tyto palety si pak dle potřeby odvázejí pracovníci montáže náprav, kde se na otočný čep nejprve namontuje páka řízení a poté se tento celek zakomponuje do kompletní sestavy přední nápravy. Celková dráha transportu obrobku výrobním procesem byla zkrácena z 1556,64 m na 329,1 m (téměř 5x). Nově navržený celkový Spaghetti diagram je znázorněn v Příloze J.

8.3 Diagram VSD

Diagram VSD je sestaven na základě již vytvořeného diagramu VSM, ve kterém jsou v této fázi nejdůležitější návrhy na zefektivnění výrobního procesu znázorněné popisky v modrých hvězdicích. Tyto návrhy se v diagramu VSD promítnou příslušnými značkami, jejichž význam je vysvětlen v Příloze A.

Informační toky v horní části diagramu, dovoz materiálu na první pracoviště a odvoz materiálu z posledního pracoviště na montáž náprav jsou stejné jako u VSM. První změna nastává při toku materiálu přes první 3 pracoviště, kdy se již nevyrábí v dávkách, ale obrobky v tomto místě výrobního procesu postupují dále jednokusovým tokem. Znázornění jednokusového toku mezi prvními třemi pracovišti (2x soustruh Weisser Verthor H-1R a 1x obráběcí centrum MCFV 1260) je zobrazeno na následujícím obrázku přerušovanou modrou šipkou (viz Obr. 34).

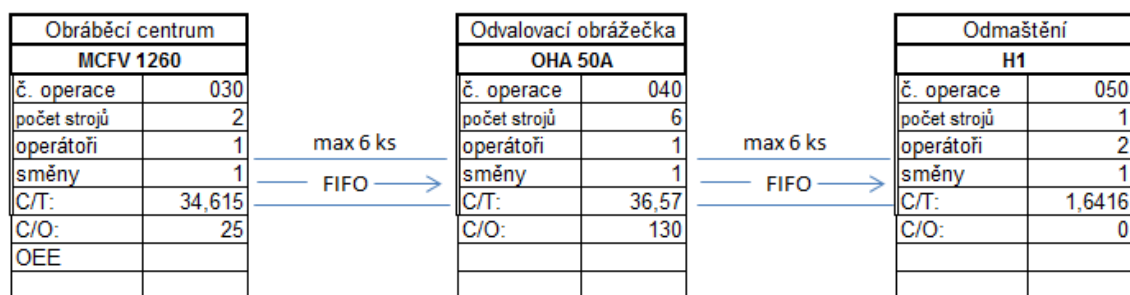


Obr. 34 Znázornění jednokusového toku mezi prvními třemi pracovišti v diagramu VSD

Další změnou oproti diagramu VSM je použití systému FIFO mezi všemi následujícími operacemi. Obrobky se budou do palety ukládat a vyjímat v tom pořadí, v jakém byly obrobny, aby nevznikal zmatek mezi jednotlivými kusy v paletě. Maximální počet kusů pro přepravu v paletě bylo zvoleno 6 obrobků, což také odpovídá maximálnímu počtu současně odmašťovaných kusů na pračce H1. Znázornění systému FIFO mezi třetím až pátým pracovištěm v diagramu VSD je zobrazeno na Obr. 35. Obrobky v paletě po 6-ti kusech budou mezi jednotlivými pracovišti převážet vysokozdvížné vozíky. Časový úsek, ve kterém budou vozíky tyto palety mezi dvěma pracovišti pravidelně převážet, je určen jako součin 6-ti cyklových časů (z důvodu přepravní jednotky o velikosti 6 ks) prvního ze dvou pracovišť. Jako příklad je možno uvést výpočet pro délku tohoto časového úseku mezi pracovišti 3 a 4:

$$D_U = Pk_D * CT_{PP} = 6 * 34,615 = \underline{207,69 \text{ min}} ; \quad (22)$$

kde: D_U = délka časového úseku pravidelného převozu obrobků mezi dvěma pracovišti [min], Pk_D = počet kusů v přepravní jednotce [ks], CT_{PP} = cyklový čas prvního ze dvou pracovišť (v tomto případě se jedná o cyklový čas třetího pracoviště) [min].



Obr. 35 Znáznornění systému FIFO mezi třetím až pátým pracovištěm v diagramu VSD

Poté, co na pracovišti, kde probíhají operace č. 6 až 8, byla každému pracovníkovi do jeho blízkosti přidělena vlastní skříňka s nářadím a přípravky (viz Spaghetti diagram v Příloze J) a z blízkosti pracoviště odstraněny zbytečné objekty, byl snížen cyklový čas operace č. 6 a operace č. 7 z 11,128 minut na 7,5 minut. Na operaci č. 3 a operaci č. 9 bylo zavedeno používání TPM, což sice nic z cyklového času neubrало, ale zabránilo se tím zbytečným poruchám a odstávkám strojů MCFV 1260, které jsou pro výrobu otočných čepů tak klíčové. Podrobně je postup provádění TPM v kapitole 8.4.1. Tímto jsou všechna provedená opatření do diagramu VSD implementována a zbývá vypočítat číselné hodnoty, které jsou klíčovým ukazatelem toho, jak bylo sestavení diagramu VSD úspěšné, či nikoliv.

Zásoby, které se vepisují na horní úroveň časové linie a jsou vyjádřeny ve dnech, které daná zásoba představuje, jsou vypočteny dle množstevního plánu na rok 2014 (viz Příloha B) a dle výše zásob v kusech, které zde zůstaly po provedení zefektivňujících opatření. Před prvním a za posledním pracovištěm leží paleta s 6-ti kusy, mezi prvními třemi pracovišti díky jednokusovému toku zásoby zcela zmizely a mezi ostatními pracovišti se používá systém FIFO s přepravní jednotkou šesti kusů. Proto je třeba vyjádřit stav 6-ti kusů fyzické zásoby ve dnech, a to následujícím způsobem:

$$Z_D = \frac{ZO}{PS_D} = \frac{6}{5,15} = \underline{1,17 \text{ dní}} ; \quad (23)$$

kde: Z_D = zásoba mezi jednotlivými pracovišti vyjádřená ve dnech [dny],
 ZO = zásoba určená dle provedených opatření [ks], PS_D = počet součástí vyrobených za jeden pracovní den [ks/den].

Na horní úrovni časové linie je celkem 11x znázorněna zásoba ve výši 1,165 dní, což znamená, že celkový stav zásob vyjádřený ve dnech je 12,815 dní. Na spodní část časové linie se zaznamenají cyklové, respektive procesní časy (celkový čas procesu, kdy se obrábí více součástí najednou a výsledný čas se nepřepočítává na jeden kus jako čas cyklový) po provedení příslušných opatření. Po zapsání všech těchto časů se provede jejich součet, který v tomto případě činí 216,95 min (viz Příloha K).

Součty hodnot na horní a spodní části časové linie se použijí k výpočtu průběžné doby výroby a indexu přidané hodnoty, což jsou stejně jako u diagramu VSM nejdůležitější hodnoty, které se odsud dají vyčíst. Jako první je vypočtena PDV dle následujícího vztahu:

$$PDV_{VSD} = SZ_D + \frac{SP_M}{PM_S} = 12,815 + \frac{216,95}{450} = \underline{13,3 \text{ dní}} ; \quad (24)$$

kde: PDV_{VSD} = průběžná doba výroby vypočítaná z VSD [dny], SZ_D = součet všech zásob mezi jednotlivými stroji [dny], SP_M = součet všech procesních časů [min], PM_S = počet minut, které má pracovník za směnu k dispozici [min].

Index přidané hodnoty se pak vypočte dle vztahu:

$$PH_{VSD} = \frac{SP_M}{PDV_{VSD} * PM_S} * 100 = \frac{216,95}{13,3 * 450} * 100 = \underline{3,63 \%} ; \quad (25)$$

kde: PH_{VSD} = index přidané hodnoty vypočítaný z VSD [%].

Kompletně zpracovaný diagram VSD pro otočný čep typu 442021110844 je uveden v Příloze K. Vyhodnocení (nově navržená PDV, index přidané hodnoty, počet operátorů, cyklové a procesní časy, délka transportu) a diskuze dosažených výsledků je zpracována v závěrečném vyhodnocení.

8.4 Specifikace konkrétních návrhů na zefektivnění výroby

V této podkapitole jsou podrobně popsány metody a opatření, které byly zmíněny v teoretické části, ale v praktické části se zatím buď vůbec neobjevily, nebo o nich padla jen minimální zmínka. Tyto opatření povedou rovněž k racionalizaci daného výrobního procesu, ovšem bez toho aniž by se implementovaly do výroby, se mohou jen obtížně kvantifikovat, a proto je možné sestavit pouze odborný odhad jejich finanční nákladovosti.

8.4.1 Zavedení TPM na stroj MCFV 1260

Jedním z nejdůležitějších strojů ve výrobním procesu otočných čepů je vertikální obráběcí centrum MCFV 1260. Na tomto stroji se provádí operace, které by na jiných strojích zhotovit vůbec nešly nebo by se prováděly mnohem složitějším způsobem. Jedná se především o vrtání menších otvorů a řezání závitů. Z toho vyplývá, že při poruše tohoto stroje, by se musel zastavit celý výrobní proces a muselo by se čekat, než někdo z oddělení údržby strojů přijde a opraví stroj. Proto je důležité,

aby se na tomto stroji poruchy vyskytovaly minimálně a nejlépe, aby vůbec žádné nevznikaly. Výskyt poruch se dá redukovat zavedením TPM, čili pravidelné údržby, jejíž jednotlivé činnosti se budou provádět ve stanovených časových intervalech.

Nejprve budou určeny a sepsány činnosti, které na stroji MCFV 1260 bude provádět operátor průběžně během směny.

- 1) Čistit prostor obrábění od třísek.
- 2) Ofoukávat upínací mechanismus s přípravkem stlačeným vzduchem.
- 3) Čistit podlahu v prostoru stroje, jestliže bude znečištěná.
- 4) Kontrolovat hromadění třísek v příslušném kontejneru.
- 5) Při znečištění čistit prostor plexiskla.

Dále budou určeny činnosti, které bude operátor provádět vždy na začátku směny.

- 1) Zkontrolovat, zda není stroj viditelně poškozen.
- 2) Zkontrolovat výšku hladiny oleje k mazání.
- 3) Zkontrolovat výšku hladiny olejové náplně hydrauliky.
- 4) Zkontrolovat výšku hladiny chladicí emulze.

Činnosti, které bude operátor provádět vždy na konci směny, jsou následující:

- 1) Kompletně vyčistit prostor obrábění.
- 2) Čistit prostor dopravníku na třísky.
- 3) Vyčistit podlahu v bezprostřední blízkosti stroje.
- 4) Uklidit z prostoru stroje všechny nadbytečné nástroje a pomůcky.

Nakonec se určí činnosti, které bude operátor provádět vždy na konci poslední směny v týdnu.

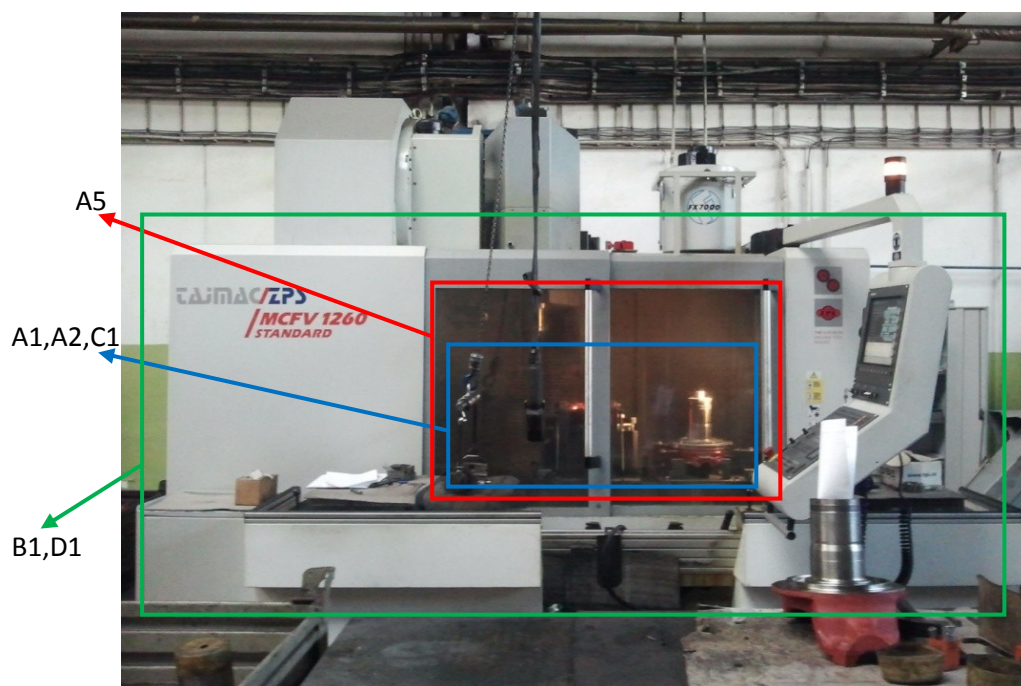
- 1) Vyčistit kompletně celý stroj.
- 2) Vyčistit a uklidit bezprostřední okolí stroje.
- 3) Vyčistit filtr stlačeného vzduchu.
- 4) Vyčistit kontejner pro odcházející třísky.
- 5) Zkontrolovat stav chladicí a mazací kapaliny a případně požadovat jejich doplnění.

V následující tabulce (viz Tab. 9) jsou přehledně zpracovány a sepsány všechny činnosti, které by měl operátor provádět, aby se předcházelo poruše nebo odstávce stroje. Zároveň zde jsou uvedena období během směny, kdy by měl operátor danou činnost vykonávat i orientační časy jednotlivých činností. Pro zjednodušení byla každá z činností označena písmenem a číslem, které řadí danou činnost podle doby, kdy by se měla vykonávat.

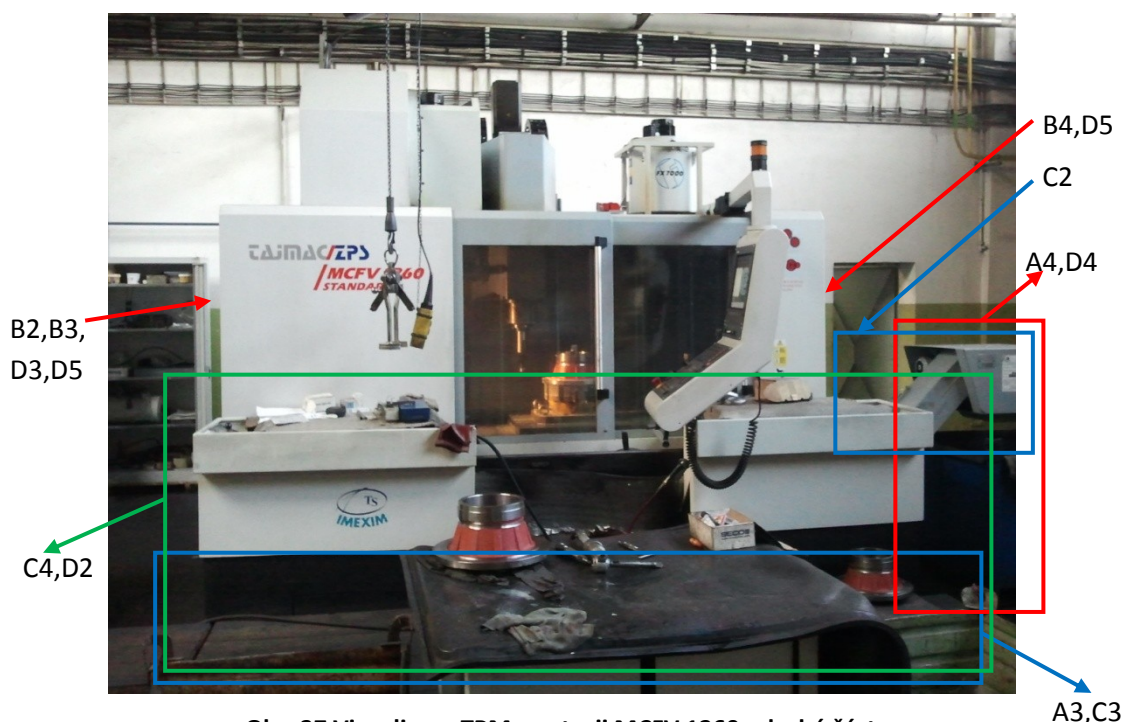
Tab. 9 TPM pro stroj MCFV 1260

Označení činnosti	Popis činnosti	Čas, kdy se má činnost vykonávat	Orientační délka trvání činnosti
A1	Čistit prostor obrábění od třísek	Průběžně během směny	0,4 minut
A2	Ofoukávat upínací mechanismus s přípravkem stlačeným vzduchem	Průběžně během směny	0,3 minut
A3	Čistit podlahu v prostoru stroje, jestliže bude znečištěná	Průběžně během směny	1 minuta
A4	Kontrolovat hromadění třísek v příslušném kontejneru	Průběžně během směny	0,1 minut
A5	Při znečištění čistit prostor plexiskla	Průběžně během směny	0,5 minut
B1	Zkontrolovat, zda není stroj viditelně poškozen	Na začátku každé směny	0,5 minut
B2	Zkontrolovat výšku hladiny oleje k mazání	Na začátku každé směny	0,1 minut
B3	Zkontrolovat výšku hladiny olejové náplně hydrauliky	Na začátku každé směny	0,1 minut
B4	Zkontrolovat výšku hladiny chladicí emulze	Na začátku každé směny	0,1 minut
C1	Kompletně vyčistit prostor obrábění	Na konci každé směny	6 minut
C2	Čistit prostor dopravníku na třísky	Na konci každé směny	2 minuty
C3	Vyčistit podlahu v bezprostřední blízkosti stroje	Na konci každé směny	1 minuta
C4	Uklidit z prostoru stroje všechny nadbytečné nástroje a pomůcky	Na konci každé směny	3 minuty
D1	Vyčistit kompletně celý stroj	Na konci poslední směny v týdnu	15 minut
D2	Vyčistit a uklidit bezprostřední okolí stroje	Na konci poslední směny v týdnu	5 minut
D3	Vyčistit filtr stlačeného vzduchu	Na konci poslední směny v týdnu	3 minuty
D4	Vyčistit kontejner pro odcházející třísky	Na konci poslední směny v týdnu	5 minut
D5	Zkontrolovat stav chladicí a mazací kapaliny a případně požadovat jejich doplnění	Na konci poslední směny v týdnu	2 minuty

Po určení všech činností, které by měl operátor vykonávat, je potřeba tyto činnosti vizualizovat, aby operátor měl neustále na očích místo, kde se má určitá činnost vykonávat a aby si s postupem času tyto místa zapamatoval a mohl již TPM provádět plně automaticky. Zobrazení těchto míst bude znázorněno na následujících třech obrázcích (viz Obr. 36, Obr. 37 a Obr. 38). Jednotlivé činnosti budou na obrázku vždy označeny zkratkami, které jsou uvedeny v Tab. 8. Pro větší přehlednost na obrázcích jsou místa pro TPM označena třemi různými barvami (červená, zelená a modrá).

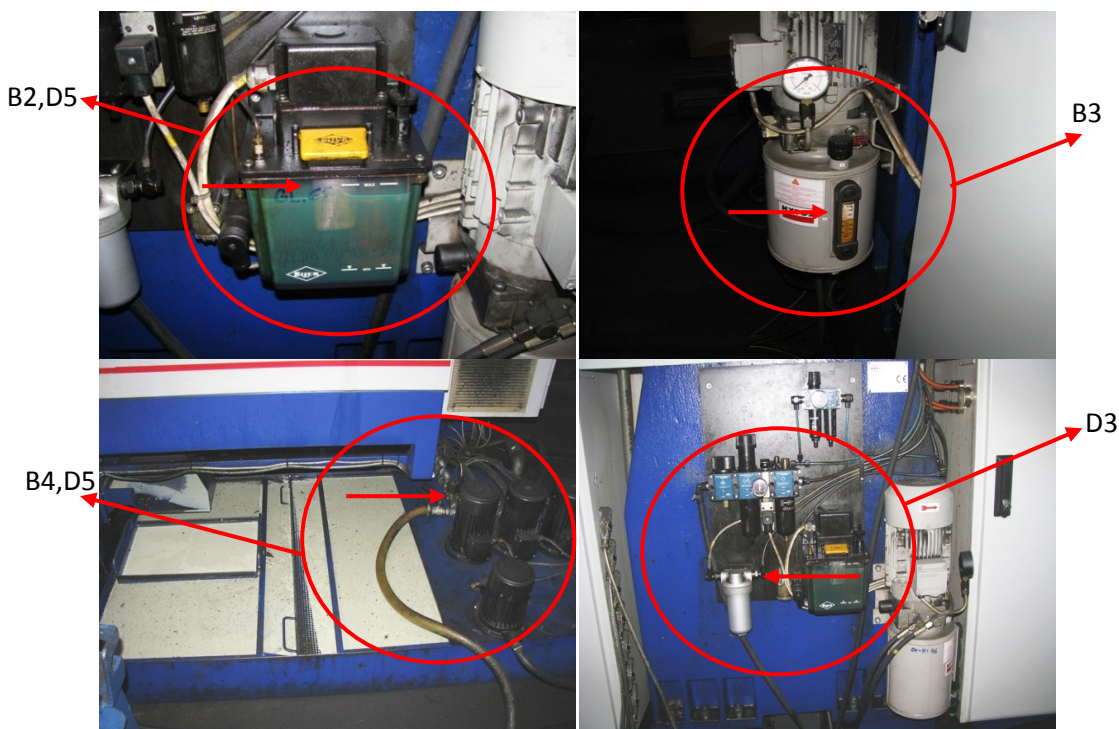


Obr. 36 Vizualizace TPM na stroji MCFV 1260 - první část



Obr. 37 Vizualizace TPM na stroji MCFV 1260 - druhá část

Jelikož místa, kde se kontroluje stav kapalin a filtr stlačeného vzduchu, nejdou z daného pohledu lépe vizualizovat, je potřeba je znázornit ještě zvlášť na následujícím obrázku (viz Obr. 38).



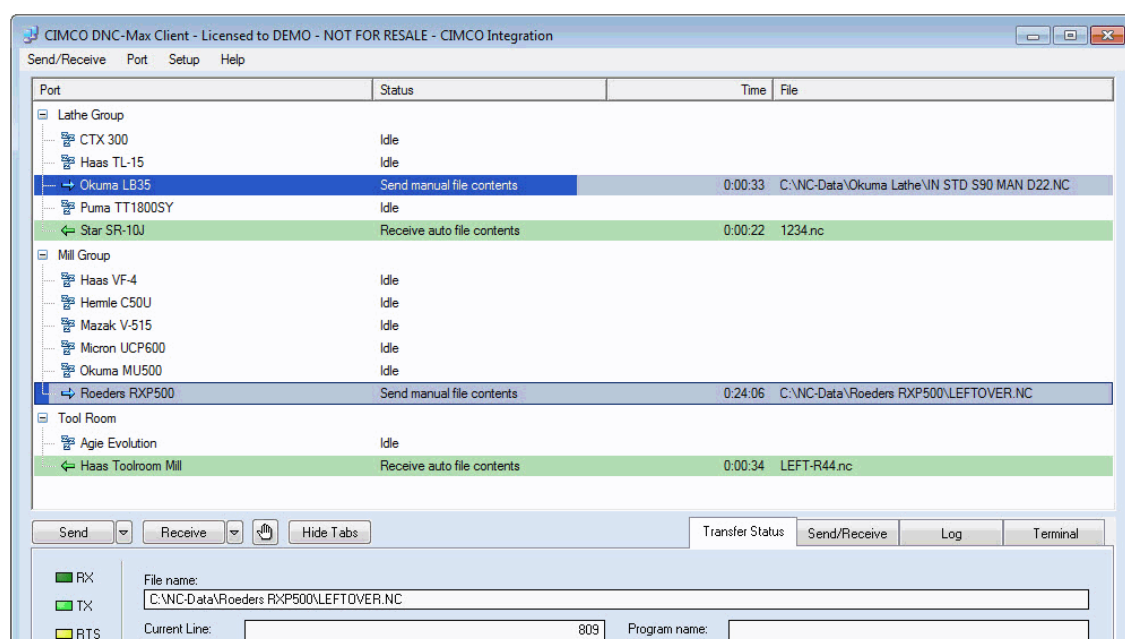
Obr. 38 Vizualizace TPM na stroji MCFV 1260 - třetí část

Takto provedená vizualizace všech činností, které má operátor na stroji MCFV 1260 provádět v rámci TPM, se vytiskne a vystaví do blízkosti stroje, aby ji měli všichni, kdo budou stroj obsluhovat, na očích. Po několika týdnech používání by se již z takto zpracované TPM měla stát běžná rutina a operátoři by měli všechny činnosti vykonávat automaticky, bez toho aniž by používali vystavenou vizualizaci.

8.4.2 Zavedení DNC sítě do obrobny dílů podvozků a náprav

Pro kontrolu všech činností, které operátor na NC nebo CNC strojích provádí, je nejlepším řešením zavedení DNC sítě do příslušné dílny. V tomto případě se jedná o návrh zavedení DNC sítě do obrobny dílů podvozků a náprav, kde se nachází 31 číslicově řízených strojů. Implementací DNC sítě do této dílny by vedoucí pracovníci měli mnohonásobně větší přehled o tom, co který stroj právě obrábí, proč je například seřizován nebo opravován, apod. Jednoduše by na displeji ve své pracovně měli přehled o každém z číslicově řízených strojů ve zmíněné dílně. Pomocí DNC sítě se také může vyhodnocovat velké množství dat jako celkové využití stroje (OEE), délky a důvody prostojů, cyklové časy, seřizovací časy a mnoho dalších.

DNC síť, která byla vybrána jako nejvhodnější, se nazývá DNC-Max 7 a poskytuje ji společnost CIMCO. DNC-Max 7 je poslední verzí světově známého a rozšířeného komunikačního softwaru od zmíněné firmy a je vhodná pro podniky, které požadují produktivitu, flexibilitu a spolehlivost. Tato síť je v otázkách funkčnosti a flexibility ve srovnání s ostatními na trhu dostupnými DNC sítěmi na stejné úrovni nebo je převyšuje. DNC-Max 7 pracuje se sériovými komunikačními zařízeními, které odpovídají průmyslovému standardu. Samozřejmostí je podpora tradičních rozšiřujících karet a staršího hardwaru, což je rovněž přínosem. Uživatelské rozhraní je poměrně přívětivé (podobá se operačnímu systému Windows, který běžně používá většina lidí na svém osobním počítači) a jeho ukázka je znázorněna na Obr. 39. [32]



Obr. 39 Ukázka uživatelského rozhraní sítě DNC-Max 7 [32]

Systém DNC-Max 7 se po zaškolení operátorů velmi jednoduše používá a vzhledem k jeho uživatelské přívětivosti si na něj brzy zvyknou i lidé, kteří nejsou při komunikaci s technikou příliš zdatní. DNC-Max 7 zajišťuje zasílání a přijímání CNC programů do všech číslicově řízených strojů. Programy si lze vyžádat z řídicího systému stroje, což nenutí obsluhu stroje opustit stroj (tzn. snížení prostojů). Jakákoliv změna provedená obsluhou stroje v programu, který je odeslána zpět do DNC-Max 7, se automaticky projeví v aktualizované verzi nebo může být uložena do zvláštního adresáře. To poskytuje možnost sledovat změny a navrátit je zpět do jakékoliv předcházející verze, pokud je to třeba. Náklady na zvolenou DNC síť jsou ve srovnání s ostatními sítěmi, které připadaly v úvahu, poměrně nízké. Z celkem pěti cenových nabídek byla tato druhá nejvýhodnější, přičemž nejlevnější nabídku DNC síť převyšovala svými možnostmi a uživatelskou přívětivostí. Komplexní náklady na implementaci sítě DNC-Max 7 jsou vyčísleny v poslední kapitole. [32]

8.4.3 Stanovení cyklu PDCA pro zjištěný problém

Hlavním problémem současného výrobního procesu výroby otočných čepů je zdržování výroby na stroji OHA 50A, který je umístěn ve vedlejší hale. Otočné čepy čekají na zhotovení operace č. 4 na tomto stroji někdy i několik dní, a proto je potřeba zjistit příčiny problému a zajistit, aby se tato situace už neopakovala.

Stanovení Demingova cyklu (PDCA) pro zjištěný problém se provede následovně.

- 1) Přesná specifikace problému, odpovědi na základní otázky, určení konkrétního cíle.
- 2) Hledání příčin problému pomocí zvolených metod (Ishikawův diagram, Metoda 5 Proč), určení hlavních příčin, návrh příslušných opatření, realizace plánu.
- 3) Kontrola nápravných opatření a specifikace rozdílu před a po provedení daných opatření.
- 4) Dodržování a rozvíjení nově zavedeného plánu.

Bod 1)

Specifikace problému ve výrobním cyklu otočných čepů – zdržování výroby na stroji OHA 50A v obrobně dílů motorů a převodů.

Odpovědi na základní otázky:

Může se tato chyba dostat až k zákazníkovi? Ne, zákazník tuto chybu nezjistí, protože je uvnitř výrobního procesu a na kvalitu výrobku nemá vliv.

Jedná se o opakovaný problém? Ano, jedná se o nepravdělně se opakující problém.

Kdy byl problém zjištěn poprvé? Nelze zjistit, ale předpokládá se, že tento problém existuje od počátku současného výrobního procesu.

Je výskyt problému pravidelný/nepravidelný? Výskyt je nepravidelný, protože když stroj OHA 50A není kapacitně plně vytížen, obrábí otočné čepy ihned po dovezení.

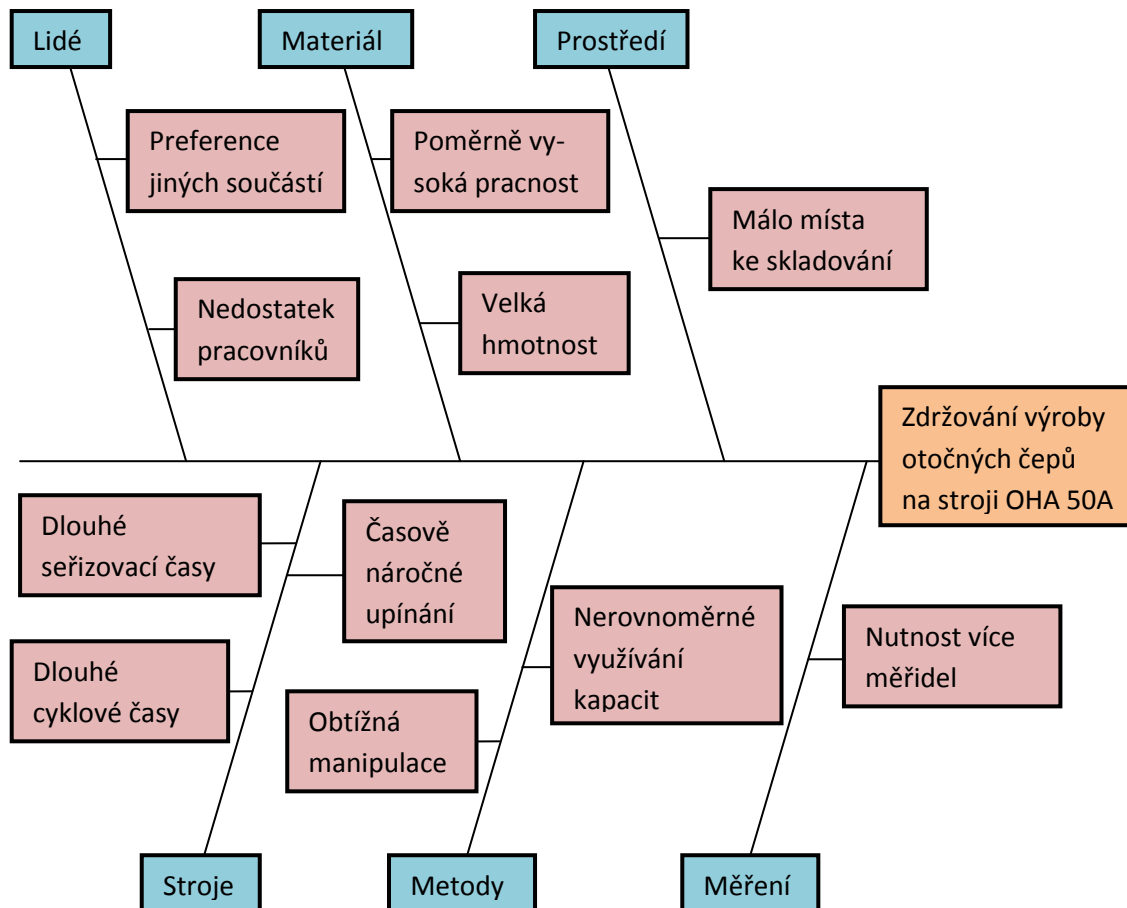
Ve kterém výrobním kroku je tento problém zjišťován? Problém nastává mezi operací č. 3 a operací č. 4.

Jaký je trend výskytu problému (roste, stagnuje, klesá)? Trend nelze určit, protože dochází k jeho značným výkyvům v závislosti na vytížení stroje OHA 50A.

Přesná specifikace cíle – zajistit, aby se materiálový tok u stroje OHA 50A nezdržoval.

Bod 2)

Příčiny vzniklého problému budou nalezeny pomocí Ishikawova diagramu (viz Obr. 40) a pomocí metody 5 Proč. Postup obou těchto metod je popsán v teoretické části této práce a zde bude uvedeno jen řešení pro konkrétní případ.



Obr. 40 Ishikawův diagram pro hlavní zjištěný problém

Nejzávažnější příčiny jsou stanoveny podle toho, jak velký vliv mají na to, že se výroba u stroje OHA 50A zdržuje. Po konzultaci tohoto problému se zaměstnanci podniku TATRA TRUCKS a.s. a určení faktorů, které mají na daný problém největší vliv, byly vybrány následující 3 hlavní příčiny.

- 1) Pracovníci preferují výrobu jiných součástí.
- 2) Obtížná manipulace s otočnými čepy.
- 3) Nerovnoměrné využívání kapacit v dílně pro výrobu motorů a převodů.

Pro tyto 3 hlavní příčiny se sestaví Metoda **5 Proč** následujícím způsobem.

Hlavní příčina 1 – Pracovníci preferují výrobu jiných součástí (viz Tab. 10).

Tab. 10 Metoda 5 Proč pro hlavní příčinu 1

1. Proč se to děje?	Pracovníci dávají přednost výrobnímu sortimentu pro vlastní dílnu.
2. Proč se to děje?	Pracovníci preferují výrobky s nižší pracností.
3. Proč se to děje?	Pracovníci preferují výrobky s nižší hmotností.
4. Proč se to děje?	Pracovníci nemají na očích bedny s otočnými čepy a tak často ani nevědí, že by se otočné čepy měly právě vyrábět.
5. Proč se to děje?	Pracovníci v dílně pro výrobu dílů motorů a převodů neberou v úvahu situaci v dílně pro výrobu dílů podvozků a náprav.
Nápravné opatření	Přemístit stroj OHA 50A do dílny pro výrobu dílů podvozků a náprav.

Hlavní příčina 2 – Obtížná manipulace s otočnými čepy (viz Tab. 11).

Tab. 11 Metoda 5 Proč pro hlavní příčinu 2

1. Proč se to děje?	Otočné čepy mají velkou hmotnost.
2. Proč se to děje?	Konzolový jeřáb pro manipulaci s otočnými čepy není na každém pracovišti.
3. Proč se to děje?	Mezi pracovníky se mohou řadit i ženy.
4. Proč se to děje?	Otočné čepy se na stroj OHA 50A upínají relativně složitým způsobem.
5. Proč se to děje?	Přeprava otočných čepů z překladiště na pracoviště trvá delší dobu.
Nápravné opatření	Zajistit, aby na každém pracovišti, kde se obrábí otočné čepy, byl konzolový jeřáb.

Hlavní příčina 3 – Nerovnoměrné využívání kapacit v dílně pro výrobu dílů motorů a převodů (viz Tab. 12).

Tab. 12 Metoda 5 Proč pro hlavní příčinu 3

1. Proč se to děje?	Plánování výrobních kapacit není dostatečně přesně rozpracované.
2. Proč se to děje?	Počet dělníků neodpovídá počtu strojů.
3. Proč se to děje?	Některé stroje typu OHA 50A nejsou dostatečně vytíženy, jiné jsou přetíženy.
4. Proč se to děje?	Pracovníci musí vyrábět to, co je v dané době nezbytně nutné a neřídit se podle plánu.
5. Proč se to děje?	Občas se vyskytují poruchy některých strojů.
Nápravné opatření	Do detailů rozpracovat plánování kapacit a přesvědčit pracovníky, aby dodržovali plán výroby.

Výsledkem bodu 2 je to, že se stroj OHA 50A přemístí do dílny pro výrobu dílů podvozků a náprav (do blízkosti konzolového jeřábu) a přesně se naplánuje využití kapacit jednotlivých strojů v této hale, které budou pracovníci dodržovat.

Bod 3)

V tomto bodě se sestaví akční plán a určí se, který pracovník bude kontrolovat a vyhodnocovat příslušné nápravné opatření. Jelikož se nápravná opatření zatím nerealizovala, není možné určit rozdíly před a po zavedení navržených opatření a podnik bude muset tento bod zpracovat sám až po implementaci jednotlivých návrhů.

Zde bude sepsáno jen doporučení pozic, které by měly jednotlivé návrhy kontrolovat a vyhodnocovat, a to je následující.

- 1) *Přemístit stroj OHA 50A do dílny pro výrobu dílů podvozků a náprav* (nápravné opatření pro Příčinu 1) – kontrolu a vyhodnocení přínosu tohoto opatření by měl vykonávat *vedoucí provozu*.
- 2) *Zajistit, aby na každém pracovišti, kde se obrábí otočné čepy, byl konzolový jeřáb* (nápravné opatření pro Příčinu 2) – kontrolu a vyhodnocení přínosu tohoto opatření by měl vykonávat *vedoucí provozu ve spolupráci s technology*.
- 3) *Do detailů rozpracovat plánování kapacit a přesvědčit pracovníky, aby dodržovali plán výroby* (nápravné opatření pro Příčinu 3) – kontrolu a vyhodnocení přínosu tohoto opatření by měli vykonávat *normovači ve spolupráci s technology a jednotlivými pracovníky*.

Bod 4)

V tomto bodě zbývá určit, kdo by měl být odpovědný za dodržování a rozvíjení nově zavedených opatření. Opět bude sestaveno doporučení pro podnik, který si jednotlivé osoby určí sám, až po zavedení navržených opatření.

Vyhodnocení stavu před a po provedení příslušných opatření by měl provést *vedoucí provozu se zainteresovanými technology a normovači* prostřednictvím např. brainstormingu, koordinované diskuze nebo formou prezentace.

Kompletně zpracovaný cyklus PDCA pro zjištěný problém formou schématu je uveden v Příloze N.

9 Vyhodnocení provedených opatření

V této kapitole budou provedená opatření zhodnocena jak po finanční, tak po výkonové stránce. U jednotlivých návrhů na zefektivnění výroby bude vždy zapsán současný stav a následně zaznamenán nově navržený stav, kterého se dosáhlo použitím vybraných metod štihlé výroby. Vyhodnocení provedených opatření, určení potřebných nákladů a celkové zhodnocení provedených investic bude provedeno v projektovém listu, který se nachází v přílohách této práce.

Jako první budou vyhodnocena opatření, která se prováděla v diagramu VSM, respektive v diagramu VSD. Návrh jednokusového toku materiálu mezi prvními třemi pracovišti a jeho zavedení podnik nebude stát žádné finanční prostředky (instalace konzolového jeřábu bude zahrnuta až v re-layoutu dílny). Zavedení systému FIFO mezi jednotlivými pracovišti rovněž nevyžaduje žádné náklady a jde pouze o zvýšení přehledu o obráběných výrobcích. Metoda 5S má také nulové náklady, protože se v tomto případě jedná pouze o přemístění skříněk a různých nástrojů do blízkosti pracoviště. Zavedení TPM na stroj MCFV 1260 má také nulové náklady, protože se jedná pouze o provádění stanovených činností a jejich vizualizace proběhne jednoduchým vytištěním zpracovaných obrázků.

Důležité je vyhodnocení průběžné doby výroby a indexu přidané hodnoty. Průběžná doba výroby byla zkrácena z původních 38,94 dní na 13,3 dní, což je zkrácení o **65,84 %**. Index přidané hodnoty byl navýšen z původních 1,3 % na 3,63 %, což znamená, že byl zvýšen téměř **trojnásobně**. Počet operátorů byl snížen z 10-ti na 8 a to při průměrné superhrubé mzdě 22 500 Kč, kterou podnik TATRA TRUCKS a.s. odvádí měsíčně za jednoho pracovníka na dílně, uspoří na mzdách **540 000 Kč** za rok. Procesní čas na vyrobení jednoho kusu daného typu otočného čepu byl zkrácen z 226,95 minut na 216,95 minut a cyklový čas na vyrobení jednoho kusu výrobku byl zkrácen z 208,25 minut na 200,53 minut (zkrácení o 7,72 minut), z čehož se může určit kolik času a kolik financí může podnik ušetřit na mzdách pro zaměstnance.

Nejprve se vypočítá kolik minut, respektive hodin se ušetří na výrobě otočného čepu daného typu za rok 2014:

$$PH_R = \frac{PM_U * P_{KS}}{60} = \frac{7,72 * 350}{60} = \underline{45 \text{ hod}} ; \quad (26)$$

kde: PH_R = počet uspořené hodiny na výrobu daného typu otočného čepu za rok 2014 [hod], PM_U = počet uspořené minut na jeden otočný čep [min] a P_{KS} = počet kusů daného typu otočného čepu, které se mají vyrobit v roce 2014 [ks].

A nyní se přepočítá tento ušpořený čas na mzdy, které zainteresovaným pracovníkům podnik nebude muset vyplácet. Předpokládá se průměrný plat pracovníka na dílně 95 Kč/hod a 8 pracovníků, kteří budou mít na starost výrobu otočných čepů.

$$\dot{U}_{MP} = PH_R * PL_P * P_{PR} = 45 * 95 * 8 = \underline{34\,200\text{ Kč}} ; \quad (27)$$

kde: \dot{U}_{MP} = úspora na mzdách za rok 2014 díky zkrácení cyklového času pro daný typ otočného čepu [Kč], PH_R = počet ušpořených hodin na výrobu daného typu otočného čepu za rok 2014 [hod], PL_P = průměrný plat pracovníka na dílně [Kč/hod] a P_{PR} = počet pracovníků obrábějících otočné čepy [-].

Stanovení PDCA cyklu pro zjištěný problém (zdržování výroby u stroje OHA 50A) má náklady nulové a výnosy plynoucí z jeho výstupu jsou zahrnuty dále. Co se týče opatření navržených pro re-layout obrobny dílů podvozků a náprav, tak převedení prvních dvou operací na jiné stroje nestojí podnik žádné náklady, a stejně tak nic nestojí změna cesty obrobku výrobním procesem. Na další navržená opatření už podnik ovšem musí určité náklady vynaložit – jedná se o přemístění stroje OHA 50A do obrobny dílů podvozků a náprav, respektive nákup a instalace konzolového jeřábu do blízkosti druhé operace, což po konzultaci s povolányými osobami vyjde celkově na **25 000 Kč**. Z čehož 10 000 Kč bude stát přemístění zmíněného stroje, 10 000 Kč koupě konzolového jeřábu a 5 000 Kč jeho doprava a instalace.

Nově navržený Spaghetti diagram souvisí především se změnami v re-layoutu, a proto se zde žádné nové náklady neobjevují. Celková dráha, kterou obrobek projde během výrobního procesu, byla zkrácena z 1556,64 m na 329,1 m, což je zlepšení o **78,86 %** (1227,54 m). Z toho je možné vypočítat roční úsporu, která na otočný čep daného typu vyplyne z trasy, kterou řidič vysokozdvížného vozíku nemusí absolvovat.

Nejprve bude vypočtena úspora na palivu pro vysokozdvížný vozík – dráha vybraného otočného čepu byla zkrácena o 1227,54 m a podle množstevního plánu na rok 2014 (viz Příloha B) se má vyrobit 175 kusů otočného čepu typu 442021110844 pravého provedení a stejný počet typu levého provedení, čili celkem 350 ks. Za předpokladu, že by se obrobky převážely v paletě po 6-ti kusech, se vypočte počet okruhů, které by řidič vysokozdvížného vozíku musel objet, následujícím způsobem:

$$PO = \frac{P_{KS}}{K_{MJ}} = \frac{350}{6} = 58,33 \div \underline{59} ; \quad (28)$$

kde: PO = počet okruhů pro daný otočný čep během roku 2014 [-], P_{KS} = počet kusů daného typu otočného čepu, které se mají vyrobit v roce 2014 [ks] a K_{MJ} = počet kusů otočného čepu v jedné manipulační jednotce [ks].

Počet celkových uspořenéých metrů se pak vypočte následovně:

$$P_{CM} = PO * P_{UM} = 59 * 1227,54 = \underline{72424,84 \text{ m}} ; \quad (29)$$

kde: P_{CM} = počet celkových uspořenéých metrů za rok pro jeden typ součástí [m]
a P_{UM} = počet uspořenéých metrů za jeden okruh vysokozdvížného vozíku [m].

Při průměrné rychlosti vysokozdvížného vozíku 12 km/h se vypočte počet hodin, které jsou potřeba k ujetí vypočítané vzdálenosti potřeba následovně:

$$P_H = \frac{P_{CM}}{R_{PR}} = \frac{72,425}{12} = \underline{6,04 \text{ h}} ; \quad (30)$$

kde: P_H = počet hodin potřebných k ujetí uspořené vzdálenosti [km] a R_{PR} = průměrná rychlost vysokozdvížného vozíku [km/h].

Při průměrné spotřebě paliva vysokozdvížného vozíku 3,34 l/h se vypočte potřebný počet litrů paliva (nafty) k ujetí vypočítané vzdálenosti následovně:

$$P_L = P_H * S_P = 6,04 * 3,34 = \underline{20,16 \text{ l}} ; \quad (31)$$

kde: P_L = počet litrů nafty potřebných k ujetí vypočítané vzdálenosti [l] a S_P = průměrná spotřeba nafty vysokozdvížného vozíku [l/h].

Při průměrné ceně nafty v ČR k prvnímu čtvrtletí roku 2014 (35,7 Kč/l) se vypočte finanční úspora paliva pro jeden typ otočného čepu v pravém a levém provedení následujícím způsobem:

$$\dot{U}_F = P_L * C_N = 20,16 * 35,7 = \underline{719,7 \text{ Kč}} ; \quad (32)$$

kde: \dot{U}_F = úspora paliva pro jeden typ otočného čepu [Kč] a C_N = průměrná cena nafty pro první čtvrtletí roku 2014 [Kč/l].

Nyní se vypočítá úspora na mzdě, kterou podnik nebude muset řidiči vyplácet. Při průměrném platu řidiče vysokozdvížného vozíku 95 Kč/hod se tato uspořená mzda vypočte následovně:

$$\dot{U}_M = P_H * PL_V = 6,04 * 95 = \underline{573,8 \text{ Kč}} ; \quad (33)$$

kde: \dot{U}_M = úspora na mzdě pro řidiče vysokozdvížného vozíku [Kč] a PL_V = průměrný plat řidiče vysokozdvížného vozíku [Kč/hod].

Celková finanční úspora zkrácením trasy obrobku pro daný typ otočného čepu za rok 2014 se pak vypočítá součtem dvou předcházejících úspor:

$$\dot{U}_{CE} = \dot{U}_F + \dot{U}_M = 719,7 + 573,8 = \underline{1293,5 \text{ Kč}}. \quad (34)$$

Výpočet celkově uspořené sumy je pouze pro vybraného představitele otočných čepů. Ta se pak může násobit všemi druhy otočných čepů a dalších součástí, které mají technologický postup podobný jako zvolená součást a potom by celková úspora samozřejmě byla mnohem vyšší.

Poměrně vysokým nákladem by mělo být zavedení DNC sítě do obrobny dílů podvozků a náprav. Jedná se o nákladnou investici, jejíž přínos ale nemůže být konkrétně vyhodnocen před tím, než bude do vybrané dílny implementována. Po zhodnocení cenových nabídek byl stanoven odhad na kompletní instalaci sítě DNC-Max 7 do obrobny dílů podvozků a náprav se všemi počítači, připojeními, čipy, čtečkami čárových kódů, atd. na **570 000 Kč**. Jelikož se ve vybrané dílně nachází 31 číslíkově řízených strojů, vychází náklady na každý z těchto strojů po rozpočítání přibližně na 18 387 Kč.

Návratnost vložených investic je obtížné přesně vypočítat, jelikož není možné přesně stanovit úspory pro všechny typy otočných čepů, které se dosáhnou zavedením navržených opatření. Kdyby se do výpočtu zahrnuly všechny další typy otočných čepů, byla by celková úspora finančních prostředků samozřejmě mnohem vyšší. Proto zde bude vypočtena jen nejpozději možná návratnost investic, kde se počítá pouze s vybraným představitelem otočných čepů (pravé provedení – typ 442021110844) a jeho protějškem (levé provedení – typ 442021110854), kterých se za rok 2012 má vyrobit dohromady 350 ks.

Nejprve se sečtou všechny vynaložené náklady následujícím způsobem:

$$N_{CE} = N_{RE} + N_{DNC} = 25000 + 570000 = \underline{595000 \text{ Kč}}; \quad (35)$$

kde: N_{CE} = celkové vynaložené náklady na racionalizační opatření [Kč], N_{RE} = náklady na re-layout obrobny dílů podvozků a náprav [Kč] a N_{DNC} = náklady na implementaci vybrané DNC sítě [Kč].

Nyní se sečtou všechny úspory přepočtené na jeden rok (minimální):

$$\dot{U}_{VS} = \dot{U}_{PO} + \dot{U}_{MP} + \dot{U}_{CE} = 540000 + 34200 + 1293,5 = \underline{575493,5 \text{ Kč}}; \quad (36)$$

kde: \dot{U}_{VS} = minimální úspory přepočtené na jeden rok [Kč], \dot{U}_{PO} = úspora za snížení počtu operátorů [Kč], \dot{U}_{MP} = úspora na mzdách za rok 2014 díky zkrácení cyklového času pro daný typ otočného čepu [Kč] a \dot{U}_{CE} = úspora zkrácením trasy obrobku pro daný typ otočného čepu [Kč].

Nejpozději možná návratnost investic (počítaná pouze pro otočné čepy vybraného typu) se vypočítá následovně:

$$NI_{MAX} = \frac{N_{CE}}{\dot{U}_{VS}} = \frac{595000}{575493,5} = \underline{1,03 \text{ let}} ; \quad (37)$$

kde: NI_{MAX} = nejpozději možná návratnost investice [roky], N_{CE} = celkové vynaložené náklady na racionalizační opatření [Kč] a \dot{U}_{VS} = minimální úspory přepočtené na jeden rok [Kč].

Pokud je návratnost investice vyšší než 2 roky, obvykle bývá obtížnější ji prosadit. V tomto případě se jedná o návratnost těsně nad jeden rok, a proto by neměl být problém tuto investici prosadit. Navíc se jedná o nejpozději možnou návratnost investice, takže je pravděpodobné, že by měla být splacena mnohem dříve a také by měla přinést vyšší finanční úspory. Přesněji nelze návratnost určit, protože nejsou známy všechny údaje o dalších typech otočných čepů a některé odhady nákladů a úspor také nejsou zcela přesné z důvodu nekompletnosti dostupných informací. Ovšem odborně stanovené odhady po konzultacích s povolanými osobami jsou poměrně přesné a k výpočtu se daly použít, a proto jsou všechny dosažené výsledky věrohodné.

Všechna provedená racionalizační opatření, zlepšení jednotlivých ukazatelů i finanční úspory jsou přehledně zapsána a znázorněna ve zpracovaném projektovém listu (viz Příloha O).

Závěr

Cílem této diplomové práce bylo zefektivnit výrobní proces otočných čepů, což jsou součásti, které se nacházejí na předních nápravách automobilů TATRA. Jsou to stěžejní součásti, bez kterých by žádné vozidlo této značky nemohlo plně fungovat. Tyto součásti, se kterými se poměrně obtížně manipuluje, se vyrábí ve dvou vzdálených halách, a proto bylo třeba vyřešit především tento problém a přesunout kompletní výrobu do jedné haly (obrobna dílů podvozků a náprav).

Za pomoci zvolených metod štíhlé výroby (VSM, OEE, Multi-momentová studie, Bar Chart a Spaghetti diagram) byl z různých hledisek analyzován současný stav výrobního procesu. Bylo zjištěno, že současný výrobní proces je vysoce neefektivní a pomocí vybraných opatření bude třeba zajistit, aby se průtok obrobku mezi jednotlivými stroji výrazně urychlil a především se zkrátila délka jeho transportu celým výrobním procesem. Konkrétní návrhy na zlepšení současného stavu byly určeny díky sestavení diagramu VSM, stanovení cyklu PDCA a sestrojení Spaghetti diagramu.

Nejdůležitějším návrhem bylo převedení dvou operací, které se provádějí v jiné hale, do stejné dílny, kde se provádějí všechny ostatní operace. Pomocí re-layoutu (přemístění stroje a převedení některých operací) mohl být tento návrh uskutečněn a kompletní výrobní proces se převedl do jedné dílny, čímž byla zkrácena délka transportu obrobku výrobním procesem z 1556,64 m na 329,1 m. Pomocí dalších návrhů byla také zkrácena průběžná doba výroby o více než 65 %, index přidané hodnoty byl zvýšen téměř trojnásobně a také počet operátorů, kteří mají na starost obrábění otočných čepů, klesl z deseti na osm. Důležitým návrhem bylo také zavedení vybrané DNC sítě do obrobny dílů podvozků a náprav, což vnese do výrobního procesu určitý řád, který zde prozatím chyběl.

Co se týče finančních prostředků, které bude potřeba investovat do některých návrhů, tak nejvíce nákladným bude implementace DNC sítě do vybrané dílny a také umístění stroje a jeřábu do téže dílny. Ostatní návrhy na zefektivnění výrobního procesu nevyžadují žádné náklady. Finanční úspory, kterých se dosáhne zavedením vybraných opatření, je také potřeba zmínit. Největší úsporou, kterou lze konkrétně vyčíslit, je redukce počtu operátorů z deseti na osm, což podniku uspoří na mzdách 540 000 Kč ročně. Návratnost vložených investic je v tomto případě obtížné přesně vypočítat, a proto je zde uvedena pouze nejpozději možná návratnost investic, která činí 1,03 let. Všechna provedená opatření, včetně jejich přínosů, jsou uvedena ve zpracovaném projektovém listu, který se nachází v Příloze O.

Seznam použité literatury

- [1] KOŠTURIÁK, J.; FROLÍK, Z. *Štíhlý a inovativní podnik*. 1. vydání. Praha: Alfa Publishing, 2006. 237 s. ISBN 80-86851-38-9..
- [2] GEORGE, M.L.; ROWLAND, D.; PRICE, M.; MAXEY, J. *Kapesní příručka Lean Six Sigma*. New York: McGraw-Hill, 2009. 280 s. ISBN 978-80-904099-2-7.
- [3] ROTHER, M.; SHOOK, J. *Learning to see*. Version 1.2. Brookline: The Learn Enterprise Institute, 1999. 143 s. ISBN-13 978-0966784305.
- [4] KUCHARČÍKOVÁ, A.; TOKARČÍKOVÁ, E.; ĎURIŠOVÁ, M.; JACKOVÁ, A.; KOZUBÍKOVÁ, Z.; VODÁK, J. *Efektivní výroba: Využívejte výrobní faktory a připravte se na změny na trzích*. 1. vydání. Brno: Computer Press, a. s., 2011. 344 s. ISBN 978-80-251-2524-3.
- [5] LIKER, J.K. *Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce*. 1. vydání. Přeložila Irena Grusová. Praha: Management Press, 2007. 390 s. ISBN 978-80-7261-173-7.
- [6] ŠULEŘ, O. *Manažerské techniky III*. 1. vydání. Olomouc: Rubico, 2003. 152 s. ISBN 80-85839-87-3.
- [7] KOŠTURIÁK, J.; BOLEDOVIČ, L.; KRIŠŤAK, J.; MAREK, M. *Kaizen: Osvědčená praxe českých a slovenských podniků*. 1. vydání. Přeložila Kateřina Janošková. Brno: Computer Press, a. s., 2010. 234 s. ISBN 978-80-251-2349-2.
- [8] SEKINE, K.; ARAI K. *TPM for the Lean Factory: Innovative Methods and Worksheets for Equipment Management*. Přeložila Karen Sandness. Portland: Productivity Press, 1998. 338 s. ISBN 1-56327-191-5.
- [9] SPINNER, M.P. *Project Management: Principles and Practices*. New Jersey: Prentice Hall, 1997. 306 s. ISBN 0-13-436437-6.
- [10] *Akademie produktivity a inovací* [online]. 2005, poslední revize 2013 [cit. 2013-12-27]. Dostupné z: <<http://e-api.cz/>>
- [11] Six Sigma Quality Improvements. *Analyzing Human Resource Utilization* [online]. 2012 [cit. 2013-12-27]. Dostupné z: <<http://sixsigmainimprovements.blogspot.cz/2012/05/analyzing-human-resource-utilization.html>>

- [12] Systems2win. *Spaghetti diagram* [online]. 2003 [cit. 2013-12-27]. Dostupné z: <<http://www.systems2win.com/solutions/layout.htm>>
- [13] COMES OEE. *Co je OEE* [online]. 2013 [cit. 2013-12-27]. Dostupné z: <<http://www.oee.cz/co-je-oeo>>
- [14] MANAGEMENT MANIA [online]. 2011, poslední revize 2013 [cit. 2013-12-27]. Dostupné z: <<https://managementmania.com/cs>>
- [15] VOLKO, V. Information source. *Slovníček zvyšování výkonnosti podniku* [online]. 2009 [cit. 2013-12-27]. Dostupné z: <http://www.volko.cz/info/slovník_pojmu.php>
- [16] Economy-point.org. *Multi-moment study* [online]. 2011, poslední revize 2013 [cit. 2013-12-27]. Dostupné z: <<http://www.economypoint.org/m/multi-moment-study.html>>
- [17] SyNext. *Štíhlá výroba – Lean Production* [online]. 2008 [cit. 2013-12-27]. Dostupné z: <<http://www.synext.cz/stihla-vyroba-lean-production.html>>
- [18] *Tatra is the solution* [online]. 2013 [cit. 2013-12-27]. Dostupné z: <<http://www.tatra.cz/>>
- [19] TATRA-CLUB.COM. *Nesmrtelná 111* [online]. 2011 [cit. 2013-12-27]. Dostupné z: <<http://www.tatra-club.com/forum-tema/nesmrtelna-111-5261?kols=3>>
- [20] Emerald. *Using value-stream maps to improve leadership* [online]. 2013 [cit. 2013-12-27]. Dostupné z: <<http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?articleid=1410747&show=html>>
- [21] Springer Link. *Project scheduling algorithms for re-layout projects* [online]. 1997 [cit. 2013-12-27]. Dostupné z: <<http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1007449730249>>
- [22] Lorenc.info. *Rozmístění pracovišť* [online]. 2007, poslední revize 2013 [cit. 2013-12-27]. Dostupné z: <<http://lorenc.info/3MA112/rozmisteni-pracovist.htm>>
- [23] Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. *Prostorové uspořádání pracovišť* [online]. 2011 [cit. 2013-12-27]. Dostupné z: <http://www.utb.cz/file/35242_1_1/%E2%80%8E>
- [24] CAMO. *Bezdrátová DNC síť* [online]. 2002 [cit. 2013-12-27]. Dostupné z: <http://www.camo.cz/docs/IT_system_camo_new.pdf>

- [25] MM Průmyslové spektrum. *DNC síť - a co dál?* [online]. 2005 [cit. 2013-12-27]. Dostupné z: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/dnc-sit-a-co-dal.html>>
- [26] GRUMANT. *DNC síť* [online]. 2013 [cit. 2013-12-27]. Dostupné z: <<http://www.grumant.cz/produkty/dnc-site>>
- [27] CAMO. *CNCprog* [online]. 1997, 2013 [cit. 2013-12-27]. Dostupné z: <<http://www.camo.cz/descr.php?id=an>>
- [28] Marshall Institute Blog. *Lean Maintenance: 5S Your Maintenance Department* [online]. 2011 [cit. 2013-12-27]. Dostupné z: <<http://info.marshallinstitute.com/bid/57394/Lean-Maintenance-5S-Your-Maintenance-Department>>
- [29] ELETTRONICA OPEN SOURCE. *FIFO Queue* [online]. 2008 [cit. 2013-12-27]. Dostupné z: <<http://dev.emcelettronica.com/fifo-queue>>
- [30] Svět produktivity. *PDCA cyklus* [online]. 2012 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <<http://www.svetproduktivity.cz/slovník/PDCA-cyklus.htm>>
- [31] SMT centrum. *Systém řízení výroby: Analýza a nápravné opatření* [online]. 2010 [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <<http://www.smtcentrum.cz/system-rizeni-vyroby/analyza-a-napravne-opatreni/>>
- [32] CIMCO Integration. *CIMCO DNC-Max 7: Profesionální volba pro komunikaci CNC* [online]. 2014 [cit. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://cz.cimco.com/product_dncmax_description.php3>

Seznam obrázků a tabulek

Obr. 1	Štíhlý podnik a jeho pilíře
Obr. 2	Kompletní diagram VSM
Obr. 3	Spaghetti diagram současného stavu
Obr. 4	Příklad kompletně vyplněného formuláře multi-momentové studie
Obr. 5	Bar Chart ve výrobním procesu
Obr. 6	Schéma pro výpočet OEE
Obr. 7	Kompletní diagram VSD
Obr. 8	Spaghetti diagram budoucího stavu
Obr. 9	Pracoviště údržby před (nahore) a po (dole) zavedení metody 5S
Obr. 10	Pilíře a nástroje TPM
Obr. 11	Rozdíl mezi systémem FIFO a LIFO
Obr. 12	Rozdíl mezi výrobou v dávkách a jednokusovým tokem materiálu
Obr. 13	Struktura DNC sítě systému MDC-Max
Obr. 14	Schéma cyklu PDCA
Obr. 15	Příklad Ishikawova diagramu
Obr. 16	Formulář projektového listu
Obr. 17	Tatra 111
Obr. 18	Vojenské provedení vozidla T 815-7
Obr. 19	Tatra Phoenix
Obr. 20	3D model otočného čepu typu 442021110844
Obr. 21	Umístění otočného čepu na nápravě automobilu Tatra
Obr. 22	CNC soustruh Weisser Werthor H-1R
Obr. 23	Svislý soustruh SKJ 12A
Obr. 24	Obráběcí centrum MCFV 1260
Obr. 25	Odvalovací obrážka OHA 50A
Obr. 26	Surový odlitek otočného čepu
Obr. 27	Středící kostka
Obr. 28	Obrobek po dokončení operace č. 3
Obr. 29	Hotový výrobek otočného čepu typu 442021110844
Obr. 30	Závitové kalibry
Obr. 31	Výřez z diagramu VSM
Obr. 32	Nové umístění stroje OHA 50A
Obr. 33	Navržená opatření pro možnost aplikace One Piece Flow
Obr. 34	Znázornění jednokusového toku mezi prvními třemi pracovišti v diagramu VSD

Obr. 35	Znázornění systému FIFO mezi třetím až pátým pracovištěm v diagramu VSD
Obr. 36	Vizualizace TPM na stroji MCFV 1260 - první část
Obr. 37	Vizualizace TPM na stroji MCFV 1260 - druhá část
Obr. 38	Vizualizace TPM na stroji MCFV 1260 - třetí část
Obr. 39	Ukázka uživatelského rozhraní sítě DNC-Max 7
Obr. 40	Ishikawův diagram pro hlavní zjištěný problém
Tab. 1	Popis pracovišť pro výrobu otočného čepu
Tab. 2	Výše zásob mezi jednotlivými pracovišti
Tab. 3	Multi-momentová studie pro otočný čep typu 442021110844
Tab. 4	Údaje potřebné k sestrojení Bar Chart
Tab. 5	Soubor dat pro výpočet OEE (Weisser Verthor H-1R)
Tab. 6	Přehled veličin pro výpočet OEE (Weisser Verthor H-1R)
Tab. 7	Soubor dat pro výpočet OEE (MCFV 1260)
Tab. 8	Přehled veličin pro výpočet OEE (MCFV 1260)
Tab. 9	TPM pro stroj MCFV 1260
Tab. 10	Metoda 5 Proč pro hlavní příčinu 1
Tab. 11	Metoda 5 Proč pro hlavní příčinu 2
Tab. 12	Metoda 5 Proč pro hlavní příčinu 3

Seznam příloh

Příloha A	Vysvětlení značek v diagramech VSM a VSD
Příloha B	Množstevní plán výroby otočných čepů na rok 2014
Příloha C	Technický výkres otočného čepu typu 442021110844
Příloha D	Stručný postup výroby otočného čepu typu 442021110844
Příloha E	Kompletní diagram VSM pro otočný čep typu 442021110844
Příloha F	Bar Chart pro otočné čepy
Příloha G	Spaghetti diagram obrobny dílů podvozků a náprav
Příloha H	Spaghetti diagram transportu mezi výrobními halami
Příloha I	Spaghetti diagram obrobny dílů motorů a převodů
Příloha J	Nově navržený Spaghetti diagram obrobny dílů podvozků a náprav
Příloha K	Kompletní diagram VSD pro otočný čep typu 442021110844
Příloha L	Pračka DOS 2/A a bruska BHU 40A/1000
Příloha M	Soustruh SU 50A, vrtačka VO 50 a pračka H1
Příloha N	Kompletní cyklus PDCA pro zjištěný problém
Příloha O	Projektový list